Tech.
1887

A

Digitized by Google

Techn. Schmidtbauer, L.,
188 ?

Digitized by Google

Digitized by Google

Der
luftleere Raum,
der
Luftdruck und die comprimirte Luft
in ihrer mannichfachen,
bereits üblichen oder noch möglichen
Nutzanwendung in den Gewerben.

Eine ausführliche Anweiſung,
durch
rationelle Anwendung dieſer Potenzen Brennmaterial und Arbeit zu erſparen, beſſere Produkte zu gewinnen, Krankheiten zu heilen, feſtſtehende und Locomotiv-Maſchinen zu treiben, in der Kälte zu deſtilliren und abzudampfen, ohne Feuer zu heizen, Eis in Menge und wohlfeil zu erzeugen, bei chemiſchen Fabrikationen Verbindungen und Trennungen zu erleichtern ꝛc. ꝛc.

Für
Rübenzucker-Fabrikanten, Zucker-Raffineurs, Branntweinbrenner und Deſtillateurs, Bierbrauer, Stärkefabrikanten, Gerber, Färber, Mechaniker, Maſchinen- und Mühlenbauer, Bleicher, Kattundrucker, Oelraffineurs, Schwefelſäure- und Papierfabrikanten, für Manufakturiſten, Fabrikanten und Gewerbtreibende jeder Art, ſowie für Aerzte, Apotheker und Freunde der angewandten Naturwiſſenſchaften.

Von
Ludwig Schmidtbauer.

Mit 6 Tafeln Abbildungen.

Quedlinburg und Leipzig.
Druck und Verlag von Gottfr. Baſſe.
1849.

Digitized by Google

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Digitized by Google

Vorwort.

Eine der wichtigſten und folgenreichſten Erfindungen für die Phyſik war die der Luftpumpe, welche im Jahre 1650 von dem Bürgermeiſter Otto v. Guerike in Magdeburg gemacht wurde. Ihr allein verdanken die Naturwiſſenſchaften die vielſeitigſte Bereicherung und eine hellere Erkenntniß vieler bis dahin in ein undurchdringliches Dunkel gehüllter Erſcheinungen. Seit dem berühmten Verſuche, welchen Guerike im Jahre 1654 auf dem Reichstage zu Augsburg vor dem deutſchen Kaiſer Rudolph damit anſtellte, wurde ſie allgemein eingeführt und fand im Laufe der Zeit manche Verbeſſerung. Jahrhunderte hindurch blieb ſie indeſſen ausſchließliches Eigenthum der Wiſſenſchaft und diente nur den Forſchungen experimentirender Phyſiker.

Erſt der neueren Zeit, in welcher Handel und Gewerbe und mit ihnen das Beſtreben, die Realwiſſenſchaften nutzbringend auf ſie anzuwenden, einen erhöhten Aufſchwung nahmen, war es vorbehalten, ſie aus den Cabinetten der Phyſiker in die Werkſtätten der Künſte und Gewerbe einzuführen. Sie hat darin bereits manche wichtige Anwendung gefunden und zu Reſultaten geführt, welche ohne ſie unerreichbar geweſen ſein würden, ſo daß ſie ſchon jetzt mit vollem Rechte ein unentbehrliches Werkzeug der Induſtrie zu nennen iſt. Wenngleich die Erwartungen, welche Manche von ihrer Anwendung hegten, mannichfachen Täuſchungen unterworfen geweſen ſind, ſo ſind andererſeits doch auch viele Verſuche, ſich ihrer zur Vereinfachung, Vervollkommnung und Verwohlfeilung techniſcher Operationen zu bedienen, mit dem glänzendſten Erfolge gekrönt worden, und es läßt ſich mit Grund annehmen, daß dieſes auch noch ferner der Fall ſein, daß ſie noch mancher, bisher unbekannter Nutzanwendungen fähig ſein wird.

Digitized by Google

Hat freilich der Erfolg bewieſen, daß beim Kochen im luftleeren Raume die auf eine irrige Anſicht begründete Hoffnung bedeutender Erſparung an Brennmaterial aus nunmehr klaren phyſikaliſchen Gründen in der Wirklichkeit nicht ſtattfindet, ſo hat nichts deſto weniger Howard's Zuckerſiedeapparat den Beweis geliefert, wie dennoch in dieſem Felde wichtige Reſultate durch ſie zu erreichen ſind. Dieſer Umſtand, ſo wie viele andere mit Glück verſuchte Anwendungen der Luftpumpe veranlaßten uns ſeit Jahren, dieſem Gegenſtande unſere Aufmerkſamkeit zuzuwenden und Notizen darüber zu ſammeln, woraus die vorliegende Schrift hervorgegangen iſt. Wir glauben darin keine der bis jetzt üblichen Anwendungen übergangen zu haben, wenigſtens wird man keine der allgemeinen Benutzungsarten darin vermiſſen, ſo daß ſich die Anwendung derſelben in ſpeciellen Fällen für den rationellen Leſer leicht abſtrahiren läßt, weßhalb wir einer weitläufigen und zeitraubenden Wanderung durch das Geſammtgebiet der Technik uns überheben zu dürfen glaubten.

Uebrigens haben wir im Laufe des Gegenſtandes ſelbſt ſtets auf analoge Fälle, wo die Anwendung des luftleeren Raumes verſucht zu werden verdient, hingewieſen, und ſomit dem Hauptzwecke genügt, den wir uns bei der Herausgabe dieſer Schrift geſtellt hatten, nämlich den, die Aufmerkſamkeit der Gewerbetreibenden dieſem wichtigen Gegenſtande zuzulenken, und dadurch einen, wenn auch geringen Beitrag zur Förderung eigenen Nachdenkes und zur Vervollkommnung techniſcher Operationen zu liefern.

Der Verfaſſer.

Digitized by Google

Erſter Abſchnitt.

1. Von den Eigenſchaften der Luft, dem Drucke derſelben und den darauf begründeten Erſcheinungen.

Mit dem Namen Luft bezeichnete man früher im Allgemeinen alle jenen unſichtbaren und äußerſt dünnen Flüſſigkeiten, die ſehr elaſtiſch ſind und ſich durch Kälte nicht zu dem tropfbar flüſſigen Zuſtand condenſiren laſſen. Gegenwärtig bedient man ſich als generiſchen Ausdruck gewöhnlich der Benennung Gas für jene Flüſſigkeiten, mit Ausnahme derjenigen, welche den Erdball in einer ſtarken Schicht umgiebt und ausſchließlich Luft oder atmoſphäriſche Luft genannt wird. Das Vorhandenſein derſelben giebt ſich durch eine große Menge von Beobachtungen und Erſcheinungen leicht zu erkennen. Man empfindet dieſelbe, wenn man die flache Hand oder einen Fächer ſchnell gegen das Geſicht bewegt; ſehr deutlich wahrnehmbar zeigt ſich ferner ihre Gegenwart beim Füllen einer Bouteille durch Eintauchen in eine Flüſſigkeit, wobei Etwas in Blaſen aus der Bouteille entweicht und dem Waſſer Platz macht; beim ſenkrechten Eintauchen eines umgeſtürzten Trinkglaſes, der Taucherglocke in Waſſer, wobei dieſe nie ganz von letzterem erfüllt werden, indem die darin befindliche Luft dieſes verhindert; bei den Wirkungen der Blaſebälge, der Windbüchſen, der Feuerſpritzen, der ſanften Winde und Stürme u. ſ. w.

Dieſe große Luftmaſſe, welche überall um die Erde verbreitet iſt, und deren über einander liegende Schichten bis

Digitized by Google

zur größeren Höhe, als die höchſten Berge ſteigen, wird Atmoſphäre, Luft- oder Dunſtkreis genannt. Die Höhe, bis zu welcher die Atmoſphäre umgiebt, iſt nicht mit voller Zuverläſſigkeit ausgemittelt und wird zu 10 bis 15 Meilen angenommen. Die atmoſphäriſche Luft wird wie alle übrigen Körper von der Erde angezogen, iſt alſo ſchwer und muß daher auf alle Gegenſtände, die ihrer freien Bewegung gegen den Mittelpunkt der Erde entgegenſtehen, drücken. Ihr Druck wirkt gleich dem aller anderen ſchweren elaſtiſchen Flüſſigkeiten von allen Seiten gleichförmig, und wird nur aus dieſem Grunde nicht von uns wahrgenommen, indem der obere Druck der Luft, welche einen Körper umgiebt, durch den von unten aufgehoben wird. Sehr merklich dagegen wird dieſer Druck, wenn er auf einem Theile des Körpers aufgehoben wird, während er auf den anderen fortdauert.

Schließt man eine Röhre, die auf dem Teller der Luftpumpe ſteht, oben mit der flachen Hand, und pumpt die Luft aus der Röhre, ſo wird die Hand wie von einem großen Gewichte in die Röhre hineingedrückt, weil der Druck der Atmoſphäre auf den in die Röhre gerichteten Handteller aufgehoben iſt, während er auf dem Rücken der Hand noch fortdauert. Wenn man auf den Teller der Luftpumpe einen Glascylinder mit ſehr dicken Wänden ſtellt, über deſſen obere Oeffnung ein Stück Blaſe ſtark geſpannt iſt, ſo wirkt auf dieſe Blaſe einerſeits der Druck der äußeren Luft, welcher ſie niederzudrücken, und andererſeits der Druck der inneren Luft, welcher ſie zu heben ſtrebt, ſo daß ſie unter dieſen beiden entgegengeſetzten Druckkräften im Gleichgewichte bleibt. Wenn man nun durch irgend ein Mittel eine neue Quantität Luft in das Gefäß brächte, ſo würde der innere Druck der ſtärkere werden, und die Blaſe würde ſich nach außen erheben; wenn man dagegen einen Theil der inneren Luft hinwegnähme, ſo würde der innere Druck ſchwächer werden und die Blaſe würde durch den äußeren ſtärkeren Druck nach innen gebogen werden.

Dieſe Erſcheinung kann durch Anwendung der Luftpumpe, vermittelſt welcher man faſt alle in dem Gefäße enthaltene Luft fortſchaffen kann, hervorgebracht werden; denn ſobald man anfängt, die Luft auszupumpen, bemerkt man, daß ſich die Blaſe durch den äußeren Luftdruck immer

Digitized by Google

mehr nach innen biegt, und wenn endlich das Gefäß faſt luftleer gemacht iſt, ſo bemerkt man, daß die Blaſe ſehr ausgedehnt iſt, und daß folglich ein ſtarker Druck auf ſie einwirkt. Es läßt ſich zeigen, daß ſie nicht ſo ſtark geſpannt werden würde, wenn man ein Gewicht von 100 Kilogrammen auf ſie ſtellte. Wenn man alsdann mit dem Finger auf die Mitte der Blaſe einen geringen Stoß ausübt, ſo zerſpringt ſie in tauſend Stücke und man hört einen ſtärkeren Knall als ein Piſtolenſchuß. So ſtark iſt die Gewalt, welche der Druck der Luft ausübt, indem ſie in das Gefäß eindringt, denn gerade durch dieſes heftige Eindringen der Luft in das Gefäß wird der ſtarke Knall hervorgebracht. Statt des Druckes von oben nach unten würde man den Seitendruck der Luft erhalten, wenn die Blaſe über eine in der Seitenwand des Cylinders befindliche Oeffnung geſpannt wäre, und der von unten nach oben wirkende Luftdruck würde ſich zu erkennen geben, wenn die Blaſe über das untere offene Ende des Cylinders geſpannt wäre, und die Luft am verſchloſſenen Ende durch eine kleine Oeffnung ausgepumpt würde.

Dieſe letzten Druckkräfte haben dieſelbe Wirkung wie die erſten, welches beweiſt, daß der Luftdruck nach allen Richtungen ſtattfindet, oder daß ſich der Druck wie in den tropfbaren Flüſſigkeiten fortpflanzt und ſeine Richtung verändern kann, ſo daß ſich z. B. der von oben nach unten wirkende Druck auch in einen von unten nach oben wirkenden Druck verwandeln kann. Dieſer Verſuch ſcheint anfangs ſehr auffallend, denn man begreift nicht, wie die Luft in einem Zimmer einen ſo bedeutenden Druck ausüben kann, und ſie müßte weit ſchwerer ſein, wenn man dieſen Druck ihrer Schwere zuſchreiben wollte; denn eine Waſſerſäule, welche ſo hoch wie das Zimmer wäre, würde bei weitem eine ſolche Wirkung nicht hervorbringen können. In der That liegt der Erſcheinung auch eine andere Urſache zum Grunde. Wir wollen für einen Augenblick annehmen, daß der Verſuch im Freien angeſtellt würde, ſo würde alsdann nach hydroſtatiſchen Principien der auf die Blaſe wirkende Druck dem Gewichte einer Luftſäule gleich ſein, welche die über die Oeffnung geſpannte Blaſe zur Grundfläche hätte und deren Höhe genau der ganzen Höhe der Atmoſphäre gleich wäre. Da nun die Druckkräfte in derſelben Niveau-

Digitized by Google

ſchicht alle einander gleich ſind, ſo ſieht man ein, daß der in dem Zimmer auf die Blaſe wirkende Druck ebenfalls dem atmoſphäriſchen gleich iſt. Wenn man dieſen Druck, unter welchem die Blaſe mit einem ſo ſtarken Knall zerplatzt, mäße, ſo würde man das ganze Gewicht einer Luftſäule erhalten, welche ſo hoch iſt als die Atmoſphäre.

Eine Glocke, die man auf den Teller der Luftpumpe ſtellt, kann man, bevor die Luft in derſelben verdünnt wird, ohne Beſchwerde wegnehmen und fortbewegen; iſt aber die Luft darin bis auf einen gewiſſen Grad verdünnt, ſo bringt man ſie mit aller Gewalt nicht vom Teller los, weil man nun einen großen Theil des auf ihr ruhenden Luftgewichtes mit tragen müßte; eben ſo kann man eine mit Queckſilber gefüllte Glocke, in Queckſilber ganz untergetaucht, ſehr leicht aufheben, niederdrücken und nach allen Richtungen bewegen; will man ſie aber über das Queckſilber herausheben, ſo dürfte für eine etwas geräumige Glocke die Kraft eines Menſchen leicht nicht hinreichend ſein; eine Beobachtung, welche man bei den Verſuchen mit Gasarten, wozu man ſich des pneumatiſchen Queckſilberapparats bedienen muß, ſehr oft wahrnimmt.

Weil die Luft gleichförmig nach allen Richtungen, alſo wie ſchon oben gezeigt wurde, eben ſo gut von oben nach unten als von unten nach oben drückt, ſo kann das Waſſer nicht durch die untere Oeffnung einer etwas engen Glasröhre auslaufen, die, nachdem ſie in Waſſer untergetaucht und gefüllt, und nachdem die obere Oeffnung mittelſt des Fingers verſchloſſen iſt, ſenkrecht aus dem Waſſer hervorgezogen wird. Der Druck der Atmoſphäre von oben iſt durch den verſchließenden Finger aufgehoben; die Luft drückt alſo bloß von unten und läßt das Waſſer nicht aus der Röhre fließen. Schüttelt man die Röhre, ſo dringt an den Seitenwänden Luft ein, und das Waſſer fließt aus. Man kann auch, ſtatt die Röhre ins Waſſer zu tauchen, nur das untere Ende deſſelben hineinſtellen, und die Luft mittelſt Saugen oder Pumpen aus der oberen Oeffnung der Röhre herausſchaffen, wobei das Waſſer in der Röhre in dem Maße über die Libelle in die Höhe ſteigt, als die Luft in derſelben verdünnt wird. Es wird hierbei der obere Druck der Atmoſphäre auf die Flüſſigkeit vermindert, während die-

Digitized by Google

ſelbe auf die Flüſſigkeit außer der Röhre noch mit ihrem ganzen Gewichte drückt und ſie dadurch in die Höhe treibt.

Wenn man eine nicht zu lange gläſerne Röhre, welche an dem einen Ende zugeſchmolzen iſt, auf die gewöhnliche Art mit Waſſer füllt, die Oeffnung mit dem Finger verſchließt, die Röhre umkehrt und den Finger von der nun ſenkrecht gegen unten gekehrten Oeffnung wegnimmt, ſo rinnt die Flüſſigkeit nicht aus, weil der Druck der Luft von oben nicht einwirken kann. Mit weiteren Röhren oder Gefäßen, z. B. mit Trinkgläſern, läßt ſich dieſer Verſuch nicht ohne Schwierigkeit anſtellen, weil während des Umkehrens das Schwanken der Flüſſigkeit und das dadurch veranlaßte Eindringen der Luft nicht leicht zu vermeiden iſt; beſeitigt man dieſen ungünſtigen Umſtand z. B. dadurch, daß man auf das volle Trinkglas ein Blatt Papier drückt, ſo gelingt der Verſuch in dieſem Falle.

Wenn man die Luft in einer Röhre mehr und mehr vermindert, ſo muß die Flüſſigkeitsſäule in der Röhre immer höher ſteigen, und wenn endlich die Luft aus der Röhre ganz fortgeſchafft iſt, ſo erreicht ſie eine ſolche Höhe, daß ſie einer Luftſäule von gleicher Grundfläche und der ganzen Höhe der Atmoſphäre das Gleichgewicht hält. Es iſt demnach die Höhe, bis zu welcher die Flüſſigkeiten in luftleeren Röhren durch den Druck der Atmoſphäre getrieben oder darin erhalten werden, nicht unbegrenzt; ſondern es kann dieſes nur in dem Maße geſchehen, bis das Gewicht dieſer Waſſerſäule dem Gewichte einer Luftſäule von derſelben Grundfläche und der ganzen Höhe der Atmoſphäre gleich iſt. Man hat hierin alſo ein Mittel, das Gewicht einer Luftſäule zu beſtimmen, welche ſo hoch wie die Atmoſphäre iſt; denn es kommt nur darauf an, eine hinreichend lange Röhre zu finden und aus ihr die Luft fortzuſchaffen.

Pascal hat dieſen Verſuch im Jahre 1646 zu Rouen angeſtellt. Seine Röhre war 46 Fuß lang, und um ſich der Mühe zu überheben, die Luft ſucceſſive aus der Röhre zu entfernen, welches zu dieſer Zeit nicht möglich geweſen wäre, verſchloß er die Röhre an einem Ende, füllte ſie mit Waſſer und verſchloß das andere Ende mit einem Stöpſel. Dann wurde die Röhre mit Hülfe von Schnüren und Rollen vertikal umgekehrt und das untere Ende in ein Gefäß mit Waſſer getaucht. In dem Augenblicke, wo der die

Digitized by Google

Röhre verſchließende Stöpſel hinweggenommen wurde, ſank die Flüſſigkeitsſäule in der Röhre ſo lange, bis ihre Spitze ungefähr 32 Fuß über dem Niveau des Waſſers in dem Gefäße ſtand. In dem 14 Fuß langen Raume über der Flüſſigkeitsſäule befand ſich keine Luft, ſondern er war leer; alſo hielt die Flüſſigkeitsſäule dem atmoſphäriſchen Drucke allein das Gleichgewicht.

Hieraus folgt, daß eine Waſſerſäule von 32 Fuß Höhe eben ſo ſchwer iſt als eine Luftfläche von derſelben Grundfläche und ſo hoch wie die Atmoſphäre. Mithin wird jeder Punkt der Erdoberfläche eben ſo ſtark gedrückt, als wenn ſie mit einer Waſſerſchicht von 32 Fuß Höhe bedeckt wäre, und da wir am Grunde des Luftmeeres leben, ſo wirkt auf uns von allen Seiten ein eben ſo ſtarker Druck, wie wenn wir uns am Grunde einer See befänden, und das Waſſer deſſelben 32 Fuß hoch über uns ſtände. (Pouillet.)

Die erſte Veranlaſſung zu dieſer Entdeckung über den Druck der Luft verdanken wir den Brunnenmeiſtern zu Florenz. Als ſie nämlich einen Saugpumpenſtiefel von mehr als 32 Fuß Höhe conſtruirt hatten, ſahen ſie mit großer Verwunderung, daß das Waſſer nicht bis zu der Spitze deſſelben ſteigen wollte. Zu dieſer Zeit erklärte man das Aufſteigen der Flüſſigkeiten dadurch, daß man ſagte, die Natur hätte einen Abſcheu vor dem leeren Raume und ſie triebe die Flüſſigkeiten in denſelben, um ihn auszufüllen. Galiläi indeſſen genügte eine Erklärung der Naturerſcheinungen durch geheime Urſachen nicht, und ſobald er von der oben erwähnten Beobachtung der Brunnenmeiſter Kunde erhielt, nahm er an, daß die Schwere der Luft die wahre Urſache derſelben ſei, welche Anſicht durch ſeines Schülers Torricelli Verſuche beſtätigt wurde. Nach ihm müſſen ſich die Höhen der Flüſſigkeitsſäulen, ſollen ſie gleichen Druck ausüben, umgekehrt wie ihre Dichtigkeiten, oder was daſſelbe iſt, wie ihre ſpecifiſchen Gewichte verhalten. Bei ſchwereren Flüſſigkeiten als Waſſer, iſt daher die Höhe geringer, bei leichteren beträchtlicher, ſo daß, da die Höhe des Waſſers bekannt iſt, das Steigen einer jeden anderen Flüſſigkeit leicht berechnet werden kann. Bei einer Flüſſigkeit, die noch einmal ſo ſchwer iſt als Waſſer, würde alſo eine Säule von 16 Fuß Höhe ſchon dem atmoſphäriſchen Drucke das Gleichgewicht halten und da das Queckſilber faſt

Digitized by Google

14 Mal (13,59) ſo ſchwer iſt, als Waſſer, ſo muß eine Queckſilberſäule, deren Höhe den vierzehnten Theil von 32 Fuß oder 384 Zoll, mithin ungefähr 28 Zoll beträgt, dem atmoſphäriſchen Drucke ebenfalls das Gleichgewicht halten, welches ſich auch vollkommen beſtätigt, wenn man die oben beſchriebenen Verſuche mit der Glasröhre ſtatt in Waſſer in Queckſilber vornimmt.

Füllt man eine oben verſchloſſene Glasröhre mit Queckſilber, verſchließt ſie mit dem Finger und ſtürzt das offene Ende in ein kleines Gefäß mit Queckſilber, zieht alsdann den Finger hinweg, ſo fällt das Queckſilber ſo lange, bis die Säule auf eine Höhe von 28 Zoll herabgekommen iſt. Man hat ſo ein Barometer in ſeiner einfachen Form, und Pascals Waſſerſäule war ein wirkliches Waſſerbarometer.

Da der mittlere Druck der Atmoſphäre einer Queckſilberſäule von 28,409 Wien. Zoll Höhe das Gleichgewicht hält, ſo muß man annehmen, eine Säule der Atmoſphäre wiege eben ſo viel als eine Queckſilberſäule von demſelben Durchmeſſer und 28,409 Wien. Zoll Höhe. Eine Queckſilberſäule von der genannten Höhe und 1 Quadratzoll Grundfläche (28,409 Kubikzoll) wiegt 12,6 Pfund; folglich drückt die Atmoſphäre auf jeden Quadratzoll Oberfläche mit 12,6 Wien. Pfund und auch jeden Quadratfuß mit 18,15 Wien. Pfund.

Der Körper eines erwachſenen Menſchen von mittlerer Größe bietet dem Drucke der Luft beiläufig 14 Quadratfuß Oberfläche dar, folglich trägt ein ſolcher Menſch 14 $\times$ 1815 = 25,410 Pfd. Luft; beim Fallen oder Steigen des Barometers um einen Zoll wird dieſe Laſt um mehr als 900 Pfund vermindert oder vermehrt; ohne daß jedoch der geſunde Menſch aus den oben angeführten Gründen etwas davon empfindet, eben ſo wenig, wie Fiſche in der Tiefe von 3000 Fuß unter der Oberfläche des Waſſers von der noch größeren über ihnen ſtehenden Maſſe des letzteren beläſtigt werden.

Nur ſehr ſchwächliche Menſchen empfinden ſchnelle Aenderungen im Barometerſtande auf eine unangenehme Weiſe. Da der Lebensproceß zu ſeiner Unterhaltung einer gewiſſen Menge Sauerſtoff bedarf, ſo muß ihm dieſes durch das Reſpirationsgeſchäft zugeführt werden. Damit aber daſſelbe auf eine leichte Weiſe geſchehe, muß jeder Athemzug eine

Digitized by Google

gewiſſe Menge Luft in die Lungen einziehen, welches nur geſchehen kann, wenn die Luft eine angemeſſene Dichtigkeit beſitzt. Aus dieſem Grunde iſt ein gewiſſes conſtantes Verhältniß des Luftdrucks zum Wohlbefinden des Menſchen und der Thiere nothwendig, ſo wie andererſeits das Athmen in verdünnter Luft, z. B. auf hohen Bergen, 1500 Klafter über der Meeresfläche eine gewiſſe Unbehaglichkeit des Gefühls und Müdigkeit bedingen ſoll.

Bekannt iſt der Verſuch mit den Magdeburger Halbkugeln, den Otto v. Guerike im Jahre 1654 vor dem Kaiſer Ferdinand III. auf dem Reichstage in Regensburg anſtellte und dadurch ein auffallendes und merkwürdiges Beiſpiel von der Macht des Luftdruckes lieferte, wodurch die ganze Verſammlung in Erſtaunen geſetzt wurde. Er ließ zwei metallene Halbkugeln von 1,78 Wien. Fuß Durchmeſſer an einander ſchleifen. Die eine davon hatte eine mit einem Hahn zu ſchließende Oeffnung, durch die er vermittelſt ſeiner Luftpumpe die Luft auszog und hierauf verſchloß. Nun ließ er 16 Pferde anſpannen und antreiben, ohne daß ſie im Stande geweſen wären, die Halbkugeln von einander zu reißen. Nach den oben angegebenen Verhältniſſen läßt ſich berechnen, daß der Druck der Luft auf die Oberfläche dieſer Halbkugeln von nicht ganz 10 Quadratfuß über 18,000 Pfd. betrug.

Die Atmoſphäre hat jedoch nicht überall und in jeder Höhe gleiche Dichtigkeit, ſondern ſie nimmt von unten nach oben hin ab, welches daher zu kommen ſcheint, daß die unteren Schichten die Laſt der oberen mit zu tragen haben, wodurch jene mehr zuſammengepreßt und dichter werden. Nach dem von Mariotte aufgeſtellten Mariotte'ſchen oder Coyle'ſchen Geſetze, welches man ziemlich richtig befunden hat, nimmt die Dichte der Atmoſphäre in geometriſcher Progreſſion ab, ſo wie die Höhen in arithmetiſchen Progreſſionen zunehmen, wonach die Luft nur 4096 Mal dünner werden könne als an der Oberfläche der Erde und ihre größte Höhe daher 15 Lieues, jede zu 12,000 Pariſer Fuß betrage. Daß aber die Grenze der Atmoſphäre nicht da ſei, wo die Dichtigkeit der Luft nicht größer iſt als in der Guerike'ſchen Luftpumpe unter dem Recipienten, welcher durch eine gute Luftpumpe leer gemacht iſt, oder bei etwa 7 geographiſchen Meilen, geht daraus hervor, daß die Grenze der Strahlen-

Digitized by Google

brechung noch bedeutend höher liegt; nach Delambre beträgt ſie faſt 10 deutſche Meilen.

Alle Erſcheinungen, welche durch den Luftdruck in Ebenen bewirkt werden, zeigen ſich daher auf hohen Bergen, je nach der Höhe derſelben, mehr oder weniger modificirt. Auf dem, faſt eine deutſche Meile hohen Chimboraſſo in Amerika ſteht daher das Barometer nur halb ſo hoch wie bei uns, etwa 13 bis 14 Zoll, woraus hervorgeht, daß daſelbſt die Luft auch nur halb ſo dicht ſein kann als bei uns. Saugpumpen können daher auf dieſem Berge das Waſſer nicht höher als 15 bis 16 Fuß hoch heben, auch das Verbrennen geht daſelbſt, wie in einer ſtark verdünnten Luft überhaupt, viel ſchlechter von ſtatten. Eben ſo ſchwellen in hohen Luftſchichten den Menſchen die Lippen auf, der Puls ſchlägt bei ihnen ſchwer, Blut und tropfbare Flüſſigkeiten dringen aus dem Körper. Eine am Fuße des Chimboraſſo mit Luft gefüllte Blaſe muß daher auf ſeinem Gipfel nothwendig zerplatzen, weil der äußere Luftdruck dem im Inneren der Blaſe nicht das Gleichgewicht hält.

Die atmoſphäriſche Luft beſitzt einen hohen Grad von Elaſticität, Spann- oder Expanſivkraft. Eine Feder wird nur elaſtiſch, wenn man ſie zuſammendrückt, und ſie verliert ihre Elaſticität, ſobald ſie ihren urſprünglichen Zuſtand wieder angenommen hat; aber die Luft iſt ſtets in einem wirklichen Zuſtande der Spannung; es giebt für ſie kein urſprüngliches Volumen, weil ſie unaufhörlich ein größeres Volumen einzunehmen ſtrebt. Wenn ein Liter gewöhnlicher Luft in einen leeren Raum von mehreren tauſend Kubikmetern gebracht würde, ſo würde ſie ſich in dieſem ganzen Raume gleichmäßig verbreiten, auf die ihn umſchließenden Wände einen Druck ausüben und ſich noch weiter auszudehnen ſtreben. — Wenn man unter den Recipienten der Luftpumpe eine nur halb mit Luft gefüllte Blaſe bringt, und anfängt, die Luft aus dem Recipienten zu pumpen, ſo bemerkt man, daß die Blaſe immer mehr und mehr anſchwillt und zuletzt das möglichſt größte Volumen hat. Sie ſpannt ſich alsdann eben ſo, wie wenn man mit einer bedeutenden Gewalt Luft hineingeblaſen hätte. Man ſieht alſo, daß die in der Blaſe enthaltene Luft auf ihre inneren Wände einen Druck ausübt, um ſie auseinander zu treiben, weil dieſes wirklich geſchieht, ſobald durch das Spiel der Luftpumpe die Luft

Digitized by Google

des Recipienten, welche dieſen Druck aufhebt, hinweggenommen wird. Auch viele gewöhnliche Erſcheinungen liefern Beweiſe für die Elaſticität der Luft. Eine mit Luft gefüllte, verſchloſſene Blaſe nimmt Eindrücke vom Finger an, ſtellt ihre alte Form aber ſogleich wieder her, wenn der Druck nachläßt.

Wenn man bei einer guten Spritze die Oeffnung verſchließt, und dann den Stempel hinabdrückt, ſo wird der Widerſtand immer größer und endlich ſo groß werden, daß man den Stempel nicht weiter bringen kann; die Luft zwiſchen dem Stempel und dem Boden der Spritze läßt ſich alſo wohl bis auf einen gewiſſen Grad zuſammendrücken, allein ihr Beſtreben, ſich auszudehnen, nimmt mit dem Grade des Druckes zu und hält endlich der äußeren zuſammendrückenden Kraft das Gleichgewicht; hört dieſe zu wirken auf, ſo wird der Stempel wieder in die Höhe getrieben und dadurch bewieſen, daß die Luft nach Aufhebung des Druckes ihr voriges Volumen wieder einnimmt.

Nach dem durch Verſuche genau ermittelten Mariotteſchen Geſetze verhält ſich die Dichtigkeit und Elaſticität der Luft gerade ſo, wie die darauf drückenden Kräfte. Wird in einer gebogenen Glasröhre eine Luftſäule durch den Druck einer 28 Zoll hohen Queckſilberſäule auf 12 Zoll erhalten, ſo wird ihre Höhe auf 3 Zoll reducirt, ſobald man der Queckſilberſäule eine Höhe von 112 Zoll giebt. Sie iſt daher durch ein vierfach vermehrtes Gewicht auch vier Mal dichter, und da ihre Elaſticität mit der zuſammendrückenden Kraft im geraden Verhältniſſe ſtehen muß, auch vier Mal elaſtiſcher geworden.

Wie alle übrigen Körper, nach Maßgabe ihres Aggregatzuſtandes, mehr oder weniger ausgedehnt werden, ſo wird dadurch auch das Volumen der Luft vergrößert und zwar in einem bedeutend höheren Grade als das der feſten oder tropfbar flüſſigen Körper, welche Eigenſchaft indeſſen alle übrigen Gaſe mit der Luft gemein haben.

Wenn 1000 Kubikzoll Luft vom Eis- bis zum Siedepunkte des Waſſers erhitzt werden, ſo nehmen ſie einen Raum von 1375 Kubikzoll ein; 1000 Kubikzoll Waſſer bei derſelben Erhitzung nur 1046,6 Kubikzoll und 1000 Kubikzoll Eiſen ebenfalls unter denſelben Umſtänden nur 1001,5

Digitized by Google

Kubikzoll. — Folglich dehnt ſich die Luft 8 Mal mehr als das Waſſer, und dieſes 30 Mal mehr aus als das Eiſen.

Wenn man eine feſt zugebundene, nur zu zwei Drittel mit Luft angefüllte, daher noch mit vielen Falten verſehene Blaſe über den heißen Ofen hängt, ſo ſchwillt die Blaſe auf und die Falten verlieren ſich, indem die in derſelben eingeſchloſſene Luft durch die Wärme ausgedehnt wurde. Nach dem Erkalten zieht ſich die Luft wieder in ihren vorigen Raum zuſammen, und die Blaſe erhält ihre Falten wieder.

Hat man eine unten offene Glasröhre mit daran geblaſener Kugel und erwärmt man letztere, ſo kann man beide Theile faſt ganz luftleer machen. Stellt man in dem Augenblicke, wo dieſes geſchehen iſt, die Mündung der Röhre unter Waſſer, Weingeiſt oder Queckſilber, ſo werden dieſe Flüſſigkeiten durch den äußeren Luftdruck durch die Röhre in die Kugel hineingetrieben.

Daß der Druck der Luft nicht immer derſelbe iſt, ſondern nach Maßgabe der Verſchiedenheit der atmoſphäriſchen Verhältniſſe bald mehr, bald minder ſtark iſt und daß die Abnahme oder Zunahme dieſes Druckes durch einen höheren oder niederen Barometerſtand angezeigt wird, iſt allgemein bekannt.

Schon aus den bisherigen Angaben der verſchiedenen Experimente, welche in dieſer Hinſicht angeſtellt ſind, geht hervor, daß der Druck der Luft einen entſchiedenen Einfluß auf alle menſchlichen Beſchäftigungen ausübt und daß man durch künſtliche Vermehrung oder Verminderung deſſelben im höchſten Grade fördernd auf eine Menge induſtrieller Operationen einwirken kann.

2. Von den verſchiedenen Mitteln, den Druck der Luft zu vermindern oder zu vermehren.

Da die atmoſphäriſche Luft alle Räume gleichmäßig anfüllt und auf alle darin befindliche Körper mit gleichem Gewichte drückt, dieſer Druck aber nur gleichmäßig mit der Höhe der Luft abnimmt und, wie aus dem Vorhergehenden bekannt iſt, auf ſehr hohen Bergen bedeutend geringer iſt, ſo bleiben uns, da wir an der Höhe der Atmoſphäre nichts ändern können, keine anderen Mittel, als alle Operationen,

Digitized by Google

die wir unter vermindertem Luftdrucke vornehmen wollen, auf hohen Bergen zu verrichten, oder aber, da dieſes natürlich nicht ausführbar iſt, erſtere in völlig luftdicht geſchloſſenen Räumen zu betreiben, aus welchen die darin enthaltene Luft nach Maßgabe des Erforderniſſes mehr oder minder vollſtändig zu entfernen iſt.

Um aus luftdicht geſchloſſenen Behältern die Luft zu entfernen, oder mit anderen Worten, um luftleere Räume zu erzeugen, giebt es verſchiedene Mittel, die mehr oder weniger wirkſam, auch nach Maßgabe der Umſtände mehr oder minder anwendbar ſind. Die meiſten und wirkſamſten ſind mechaniſche, doch giebt es auch einige chemiſche, von denen beſonders die vermittelſt Dampf kräftig wirkt und auch im größeren Maßſtabe Anwendung findet.

a. Die Erzeugung eines luftleeren Raumes vermittelſt der Luftpumpe.

Das wirkſamſte Inſtrument zur Erzeugung luftleerer oder vielmehr luftverdünnter Räume iſt die von dem Magdeburger Bürgermeiſter Otto v. Guerike im Jahre 1650 erfundene Luftpumpe, welche, weil ſie bei den verſchiedenartigſten Operationen anwendbar iſt, zur Verminderung des Luftdrucks bei technischen Proceſſen auch den ausgedehnteſten Gebrauch gefunden hat. Sie iſt in ihrer einfachſten Form in Fig. 2. Taf. I. abgebildet. In dem Cylinder a bewegt ſich ein dicht anſchließender Kolben b, welcher eine mit einem Ventil verſehene Oeffnung c hat. In den Boden des Cylinders mündet mit einem ähnlichen Ventil d eine Röhre und das andere Ende dieſer Röhre im Centrum einer flachen Platte, des Tellers f. Auf dieſen wird eine dicht anſchließende Glocke von Glas geſtellt, wenn die Luft aus dieſer weggezogen werden ſoll. Bei Anwendung der Luftpumpe in der Technik mündet natürlich dieſe Röhre in das luftleer zu machende Gefäß.

Die Wirkung dieſer Pumpe iſt leicht erſichtlich. Wird der Kolben aufwärts gezogen, ſo müßte, weil das Ventil c keine Luft hineinläßt, im Cylinder unter dem Kolben ein leerer Raum entſtehen, wenn nicht die Luft durch ihre Elaſticität ſich durch das Ventil d in denſelben ausdehnen könnte. So wie dieſes aber geſchieht, wird jene Luft dünner. Stößt man darauf den Kolben zurück, ſo kann, weil das Ventil

d es hindert, die unter dem Kolben befindliche Luft nicht wieder in die Glocke zurückfließen, und ſie muß daher zuletzt durch das Ventil c entweichen. Wird das Pumpen wiederholt, ſo wird die Luft in der Glocke, oder im Großen in einem anderen Gefäße aufs Neue verdünnt.

Wäre die Pumpe vollkommen, ſo ließe ſich leicht berechnen, in welchem Grade die Luftverdünnung zunehmen muß. Wäre der leere Raum, der bei jedem Kolbenhube entſteht, $\frac{1}{4}$ ſo groß als der Inhalt der Glocke, oder eines beliebigen luftleer zu machenden Gefäßes, ſo müßte ſich die darin enthaltene Luft jedesmal auf $\frac{5}{4}$ ausdehnen und in derſelben blieben $\frac{4}{5}$ zurück. Beim erſten Hube würde alſo die Luft auf $\frac{4}{5}$ verdünnt, beim zweiten dieſe wieder auf $\frac{4}{5}$, und die anfängliche wäre alſo $\frac{4}{5}$, $\frac{4}{5}$ oder $\frac{16}{25}$ mal dünner. So könnte man leicht finden, wie viel dünner ſie nach 10, 20 oder mehr Hüben ſein muß, und zuletzt müßte man immer eine faſt unendliche Verdünnung bewirken können. Abgeſehen aber, daß der Kolben oft nicht vollkommen dicht an den Stiefel ſchließt, berührt derſelbe auch nie den Boden und das Ventil ſo vollkommen, daß nicht bei jedem Niedergange einige Tropfen Luft (im ſogenannten ſchädlichen Raume) zurückblieben. Auch bei den beſten Maſchinen geht die Verdünnung daher nicht ſo raſch und findet zuletzt ihre Grenzen; doch giebt es welche, die eine fünfhundert- und mehrfache Verdünnung möglich machen.

Um den Grad der Verdünnung zu erfahren, ſtellt man unter die Glocke eine kleine Schaale mit Queckſilber und einer damit gefüllten Röhre. Im Großen verbindet man mit dem zu entleerenden Gefäße auf geeignete Weiſe ein Barometer. Anfangs bleibt der Stand des Queckſilbers unverändert, ſpäter fängt es aber zu ſinken an. Fällt es bis auf einen Zoll, ſo muß die Luft ſchon 28 Mal dünner geworden ſein, und über 300 Mal, wenn es bis auf 1 Linie herabſinkt. Wenn die Glocke oder das Gefäß luftleer gemacht iſt, ſo wird der auf die obere Fläche des Kolbens wirkende atmoſphäriſche Druck nicht durch den inneren Druck mehr aufgehoben, und es iſt folglich, um den Kolben zu heben, außer der zu überwindenden Reibung noch eine Kraft von ſo viel Mal 12,6 Wien. Pfd. erforderlich, als die obere Fläche deſſelben Quadratzoll enthält (ſ. oben), oder von ſo viel Mal 1,033 Kilogr., als die Oberfläche Quadratcentimeter

Digitized by Google

enthält. Ein Kolben, deſſen Halbmeſſer 1 Decimeter beträgt, würde alſo eben ſo ſchwer zu heben ſein, als ein Gewicht von ungefähr 300 × 1,033 Kilogr., d. h. von mehr als 600 Pfunden.

Um ſchneller arbeiten zu können, hat man Luftpumpen mit zwei Cylindern und zwei Kolben. Die beiden Kolbenſtangen ſind dabei mittelſt eines Balanciers verbunden, ſo daß die eine aufſteigt, wenn die andere niedergeht. Die aus beiden Cylindern tretenden Röhren laufen dann in eine einzige zuſammen, welche in das von Luft zu entleerende Gefäß einmündet. Bei dieſen hebt ſich der äußere Druck auf die Kolben gegenſeitig auf, und es iſt bloß noch die Reibung zu überwinden.

Die Conſtruction einer ſolchen doppelt wirkenden Luftpumpe kann man ſich hiernach ſehr leicht vorſtellen, weßhalb wir eine weitere Beſchreibung, welche man indeſſen in jedem ausführlichen Lehrbuche der Phyſik findet, hier übergehen, zumal man zu techniſchen Zwecken ſo überaus vollkommener Luftpumpen, wie ſie der experimentirende Phyſiker nöthig hat, gar nicht bedarf.

b. Erzeugung luftverdünnter Räume durch andere mechaniſche Vorrichtungen.

In allen Fällen, wo die Luftverdünnung nicht bis zu einem ſehr hohen Grade getrieben zu werden braucht, kann man ſich mit Vortheil der im Folgenden beſchriebenen ziemlich einfachen Luftverdünnungsmaſchinen bedienen.

In einem großen, mit Waſſer gefüllten, recht dichten Faſſe geht ein anderes Faß ſo hinein, daß, wenn es darin auf- und niedergezogen wird, ſein Rand doch nie über die Oberfläche des Waſſers kommt, ſondern vom Waſſer geſperrt bleibt. Der Boden oder eigentlich der Deckel dieſes umgekehrten Faſſes enthält ein Ventil, das ſich aufwärts öffnet. Aus dem Gefäße nun, worin die Luft verdünnt werden ſoll, wird eine geräumige Röhre waſſerdicht durch den Boden des aufrecht ſtehenden Faſſes bis nahe an die Oberfläche des Waſſers geführt; die oberſte Mündung dieſer Röhre enthält ebenfalls ein aufwärts ſich öffnendes Ventil. Liegt nun der Deckel des umgekehrten Faſſes auf der Waſſeroberfläche, und wird er durch irgend eine Maſchinerie in die Höhe gezogen, ſo entſteht hinter ihm ein großer luftlee-

Digitized by Google

rer Raum, welcher ſogleich durch die aus dem zu entleeren- den Gefäße hinzu ſtrömende Luft ausgefüllt wird. Drückt man daſſelbe Faß nieder, ſo drückt ſich dieſe Luft zu dem Ventile des Deckels heraus, und beim abermaligen Aufziehen des Faſſes füllt ſich letzteres neuerdings mit bereits verdünn- ter Luft aus dem zu entleerenden Gefäße, welche durchs Herabdrücken wieder entfernt wird. Durch ein anhaltendes Spiel dieſer Maſchinerie läßt ſich die Luftverdünnung ziem- lich weit treiben.

Auf ganz ähnliche Weiſe, ohne Anwendung von Waſſer als Sperrflüſſigkeit, würde ſich derſelbe Zweck erreichen laſſen durch zwei, möglichſt luftdicht in einander paſſende aufrecht ſtehende Cylinder. Der äußere müßte auf einer Unterlage befeſtigt, beide aber auf eine der obigen Angaben entſpre- chende Weiſe mit Ventilen verſehen ſein. Durch Aufziehen und Niederdrücken des inneren Cylinders würde je nach dem Größenverhältniſſe der Cylinder zu dem zu entleerenden Ge- fäße die Luftverdünnung ſehr ſchnell erfolgen.

Statt dieſer Cylinder könnte man ſich auch eines mit zwei Ventilen verſehenen, durch ſtarkes Ueberfirniſſen des Le- ders luftdicht gemachten Blaſebalgs bedienen. Ein ſolcher würde ſehr zweckmäßig viereckig anzufertigen ſein, ſo daß die Seitenwände ganz aus Leder und nur der Deckel und Boden aus Holz beſtände. Zu verſchiedenen Zwecken würde man ſich zur Anfertigung ſolcher Bälge ſtatt des Leders mit Vortheil dünner Kautſchukplatten bedienen können.

c. Luftverdünnung durch den Ausfluß von Queckſilber aus einem luftdichten Gefäße.

Schraubt man eine mit einem Hahn verſehene Kugel an eine etwa 30 Zoll lange Röhre, füllt man Kugel und Röhre mit Queckſilber und kehrt man ſie dann unter den aus dem erſten Abſchnitte bekannten Regeln ſo um, daß keine Luft eintreten kann, indem man die Röhre erſt dann öffnet, wenn ihr Ende genau ſenkrecht gerichtet iſt, ſo ſinkt das Queckſilber auf 28 Zoll herab, und die ganze Kugel wird luftleer.

Auch mit Waſſer würde man dieſen Zweck erreichen können, dann aber müßte das Rohr über 32 Fuß lang ſein, was für die Praxis zu umſtändlich iſt, und um ſo weniger

Digitized by Google

in der Technik anwendbar ſein kann, als es an einfacheren Mitteln zur Luftverdünnung nicht fehlt.

Auch die mit Queckſilber zu füllende Vorrichtung, welche früher unter dem Namen Queckſilberluftpumpe mehrfach vorgeſchlagen wurde, iſt unpraktiſch und unbequem, indem ſie eine große Menge Queckſilber erfordert, von dem 1 Cubikfuß über 9 Centner wiegt.

Leuchs empfiehlt in ſeinem Handbuch für Fabrikanten folgende hieher gehörende Vorrichtung zur Verdünnung der Luft. Wird an ein Gefäß, in dem die Luft verdünnt werden ſoll, eine ſtarke Röhre angeſchraubt, die nach verſchiedenen Richtungen, wagrecht, auf- und abwärts gedreht werden kann, ſo hätte man eine Vorrichtung, um Luft zugleich zu verdünnen und zuſammen zu drücken. Dieſe Röhre müßte an ihrem Ende mit einer zweiten Röhre verſehen ſein, die unter einem beliebigen Winkel mit ihr verbunden und weit größer an Durchmeſſer wäre. Setzen wir den Fall, dieſe erſte Röhre wäre da, wo ſie in das Gefäß geht, mit einer gegen daſſelbe und mit einer nach außen ſich öffnenden Klappe verſehen und wäre wagrecht mit dem Gefäß, während die an ihr befeſtigte Röhre aufwärts einen Winkel mit ihr bildete. Die wagrecht liegende Röhre würde mit Queckſilber gefüllt und dann abwärts gedreht, worauf das Queckſilber vermöge ſeiner Schwere in der Röhre herabgehen und im gleichen Maße die Luft im Gefäße verdünnen würde. Drückte man nun die Klappe wieder in ihren wagrechten Stand hinauf, ſo würde die Klappe, welche ſich gegen das Gefäß öffnet, ſich ſchließen, und die nach außen gehende ſich öffnen, das Queckſilber würde die Röhre wieder erfüllen, und die Luft, welche an ſeine Stelle getreten war, durch die nach außen ſich öffnende Klappe treiben. Würde die Röhre wieder herabgedrückt, ſo würde dieſe Klappe ſich ſchließen, das Queckſilber würde herabgehen und neuerdings Luft aus dem Gefäße ziehen. Würde die nach außen gehende Klappe verſchloſſen, ſo könnte man die Luft im Gefäß durch das in der Winkelröhre befindliche Queckſilber zuſammendrücken.

Auch dieſer Verdünnungsapparat wird in ſeiner Wirkung gegen einfachere derſelben Art zurückſtehen und nicht ſowohl wegen ſeines geringen Effektes als auch wegen der

Digitized by Google

dabei erforderlichen höchſt ungeſunden, bei vielen Operationen höchſt unwillkommenen Manipulation mit Queckſilber keine Empfehlung verdienen. Es haben daher auch alle Vorſchläge zu Queckſilberpumpen oder hydrauliſchen Luftpumpen, wie ſolche 1722 von Emanuel Swedenborg zu Fahlum in Schweden, ſpäter von Dr. Joſeph Bader in München und 1787 von Hindenburg geſchehen ſind, wenig Eingang gefunden und ſind bereits der verdienten Vergeſſenheit anheim gefallen.

Eine von Cazelet im Journ. de Phys. Mai 1789. angegebene hydrauliſche Luftpumpe unterſcheidet ſich von den vorigen dadurch, daß man ſich bei ihr des Waſſers bedient. Er verbindet in einem hohen Zimmer ein ſtarkes und hinlänglich großes Faß mit einer engen Röhre von 34 Fuß Höhe, füllt hierauf beide mit Waſſer an, und ſchraubt hernach den Teller mit der Glocke aufs Gefäß. Nun öffnet er den Hahn unter dem Teller und auch den Hahn unten an der Röhre und läßt das Waſſer ſo lange ausfließen, bis die zurückgebliebene Waſſerſäule mit dem Drucke der Atmoſphäre im Gleichgewichte iſt. Alsdann werden die Hähne wieder verſchloſſen, das Gefäß von Neuem wieder mit Waſſer gefüllt und dieſes Verfahren, ſo oft es nöthig iſt, wiederholt. Die Unbequemlichkeit einer ſolchen Maſchine fällt ſogleich in die Augen.

d. Luftverdünnung durch Waſſerdampf.

Die Waſſerdämpfe können mit Erfolg benutzt werden, um luftleere Räume hervorzubringen, auch hat dieſe Methode, wie die folgenden Abſchnitte ergeben, mehrfache Anwendung in der Technik erfahren.

Wilke gab in den Abhandl. der Königl. ſchwed. Akad. d. Wiſſenſch. 1769. 31. B. S. 31. u. f. folgende Einrichtung hierzu an. Eine dichte meſſingene Blaſe mit rundem Boden beſitzt drei mit Röhren und Hähnen verſehene Oeffnungen. Durch die untere Röhre laſſen ſich mittelſt einer langen Zugröhre heiße Waſſerdämpfe aus einem Keſſel in die Blaſe leiten, welche die darin befindliche Luft durch die zweite Röhre zur Seite austreiben. Die dritte Röhre am oberen Theile der Blaſe geht zum Teller, auf welchem die Glocke ſteht. Die Blaſe iſt mit einer dünnen meſſingenen Hülle umgeben, die von ſelbiger allenthalben um $\frac{1}{4}$ Zoll ab-

Digitized by Google

ſteht und oben offen bleibt. So lange die Blaſe mit den heißen Waſſerdämpfen angefüllt wird, bleibt der Hahn nach der Glocke zu verſchloſſen; ſobald aber dieſe zur Seitenröhre auszutreten anfangen, werden die Hähne dieſer und der unteren Röhre verſchloſſen, und man gießt in die dünne meſſingene Hülle der Blaſe kaltes Waſſer, bis es aus einem im Boden befindlichen Loche eben ſo kalt wieder abfließt; auf dieſe Weiſe entſteht durch Erkältung der Dämpfe ein leerer Raum, und es verbreitet ſich nun, wenn der Hahn nach der Glocke geöffnet wird, die unter ſelbiger befindliche Luft mit durch die Blaſe. Durch Wiederholung dieſes Verfahrens kann die Luft unter der Glocke immer mehr verdünnt werden. Wilke konnte in einer ganz leicht gebauten und nicht großen Maſchine dieſer Art die Luft auf 130 Mal verdünnen.

Eine andere Vorrichtung, mit Hülfe der Waſſerdämpfe Luftleere zu erzeugen, iſt von dem Abbé Cajetan Berretray geſchehen und von Corradori in Green's Journ. der Phyſ. B. VI. S. 86. beſchrieben. Auf einem großen kupfernen und verzinnten Gefäße **A** Fig. 3. Taf. IV. iſt der koniſche Deckel **B** genau angelöthet, aus welchem die Röhre **a** mit dem Hahne **b** herausgeht, an die eine andere, am Ende **d** mit Schraubengängen verſehene kleine Röhre **c d** luftdicht angeſchraubt werden kann. Inwendig iſt die Röhre **a** beinahe bis zum Boden des Gefäßes **A** hinuntergeführt, muß aber von demſelben ſo weit abſtehen, daß die unterſte Oeffnung **l** die Oberfläche von 3 Pfund Waſſer, welche in das Gefäß gegoſſen werden, nicht berühre. Auf der anderen Seite des Deckels, der Röhre **a** gegenüber, iſt eine andere gebogene Röhre **e f g h i** angelöthet, welche ebenfalls einen Hahn beſitzt, zuerſt nach außen geht, und nachher bei **h** in das Gefäß ſich wendet und bei **i** in das in der Mitte durchbohrte und mit Schraubengängen verſehene Stück Meſſing **i**, das auf dem Deckel angelöthet iſt, ſich endigt, ſo daß alſo durch dieſe gebogene Röhre der innere Raum des Gefäßes **A** durch **e** eine Gemeinſchaft mit der äußeren Luft bei **i** hat. Auf das Stück Meſſing **i** wird nun die Communicationsröhre mit dem Teller, der die Glocke trägt, aufgeſchraubt, dieſe Röhre beſitzt wie gewöhnlich einen Hahn. Die ganze Maſchine wird von dem Dreifuße **n n n** und dem eiſernen Ringe **k k k** getragen. Das zwiſchen den Füßen

Digitized by Google

befindliche Brett m m dient, eine Kohlenpfanne darauf ſtel-
len zu können.

Beim Gebrauche dieſer Maſchine wird die Communikationsröhre mit dem Teller abgeſchraubt, hierauf bei geöffnetem Hahn g durch den gekrümmten Canal i h g f e etwas über 3 Pfund Waſſer in das Gefäß gegoſſen und der Hahn g wieder geſchloſſen.

Hierauf wird nun der Hahn b geöffnet, und die Kohlenpfanne mit glühenden Kohlen auf das Brett m m geſtellt; nach wenigen Minuten tröpfelt aus der Oeffnung d das lauwarme Waſſer heraus, bis die Oeffnung l ganz von Waſſer frei wird; hierauf verſtärkt man das Feuer, in Folge deſſen nach einigen Minuten ein Strahl kochenden Waſſers aus der Röhre treten wird, dem ein Strom von dickem und heftigem Dampfe mit häufigen Waſſertropfen nachfolgt, welche letztere durch Verdichtung des Dampfes an der inneren Fläche der Röhre bewirkt werden. Nach 3 bis 4 Minuten dieſer Erſcheinung wird ſodann der Hahn b verſchloſſen und zugleich die Kohlenpfanne weggenommen, indem man ſonſt in Gefahr ſein würde, durch Verdampfung der ganzen Waſſermenge das Gefäß zu zerſprengen. Nachher wird mit einem in kaltes Waſſer getauchten Schwamme der Deckel B mit dem Gefäße A abgekühlt, worauf die Verdichtung der Dämpfe in 2 bis 3 Minuten erfolgt. Nun ſchraubt man den Teller in i auf, und öffnet den Hahn g, worauf ſich die unter der Glocke befindliche Luft durch die Röhre i h g f e ausdehnen und ein Theil in das luftleere Gefäß A treten wird. Wenn man noch die kleine Röhre c d an a luftdicht anſchraubt, an ihr Ende eine unten und oben offene Glasröhre, welche etwa 30 Zoll lang und in Zolle und Linien eingetheilt iſt, ebenfalls lufdicht anſchraubt, und das untere Ende dieſer Glasröhre in ein Gefäß mit Queckſilber ſtellt, ſo ſieht man nach Oeffnung des Hahns b durchs Steigen des Queckſilbers in der Röhre, wie groß der Unterſchied der Elaſticität iſt zwiſchen der äußeren Luft und der im Inneren des Gefäßes.

Corradori rühmt folgende Vortheile dieſer Maſchine: 1) könne man dadurch auf ein Mal eine ſehr große Verdünnung der Luft bewirken; 2) ſei ſie den Erſchütterungen nicht unterworfen, welche bei den gewöhnlichen Luftpumpen beim Aus- und Einwinden des Stempels verurſacht werden;

Digitized by Google

3) könne man bei verlangter ſtarker Verdünnung den Verſuch in kurzer Zeit 8 bis 10 Mal wiederholen; und 4) ſei die Maſchine ſehr wohlfeil und leicht zu behandeln.

Green hält es für vortheilhafter, das ganze Gefäß mit einem kupfernen Cylinder zu umgeben, welcher nur $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll davon abzuſtehen brauchte und unten, um das Waſſer abzulaſſen, mit einem Hahn verſehen wäre. Wenn dieſer Cylinder dann mit kaltem Waſſer gefüllt würde, ſo könnten die Dämpfe ſchneller abgekühlt und condenſirt werden.

e. **Verdünnung der Luft durch Abſorption ihres Sauerſtoffs.**

Ingenhouß hat in ſeinen vermiſchten Schriften phyſ. und medic. Inhalts, herausgegeben von Molitor, I. Bd. S. 433. vorgeſchlagen, durch brennende Kohlen einen luftverdünnten Raum zu erzeugen. Die Veranlaſſung hierzu gab ihm die Entdeckung des Abts Felix Fontana, daß glühende Kohlen beim Erſticken ſo viel Luft verſchlucken, als ihr achtfaches Volumen ausmacht. Es wird nämlich ein Kohlenbecken in einen kupfernen Keſſel, in welchen es genau paßt, eingeſetzt. Der Keſſel ſteht auf drei Füßen und kann mit Hülfe eines Deckels luftdicht verſchloſſen werden, ſo daß die Kohlen erſticken müſſen. An dem Deckel befindet ſich eine Röhre mit einem Hahne, auf welche eine andere, ebenfalls mit einem Hahn verſehene Röhre, die den Teller mit der Glocke trägt, angeſchraubt werden kann. Die ganze Vorrichtung wird hierbei in ein Gefäß mit Waſſer geſtellt und nach gänzlicher Erſtickung der Kohlen werden beide Hähne geöffnet. Die Kohlen verſchlucken einen Theil der Luft unter der Glocke, welche eine immer ſtärkere Verdünnung erleidet, wenn dieſe Operation wiederholt wird. Die Kohlen können hierbei auf mehrfache Weiſe wirkſam ſein, indem ſie durch die Wärme, welche ſie verbreiten, die Luft ausdehnen und einen Theil derſelben austreiben, wenn anfänglich der Hahn geöffnet bleibt; dann durch Abſorption von Sauerſtoff, und endlich nach dem Erkalten durch Abſorption oder Aufnahme der Kohlenſäure, welche hierbei erzeugt wird, ſo wie des Stickſtoffs in ihre Poren.

Auch durchs Verbrennen anderer Subſtanzen, des Waſſerſtoffs ſowohl, wie jedes andern brennbaren Körpers, würde man der eingeſchloſſenen Luft ihren Sauerſtoff entziehen

Digitized by Google

und dadurch mehr oder weniger luſtverdünnte Räume erzeugen können. Uebrigens ſtehen dieſe Methoden wohl in mehrfacher Beziehung derjenigen, wobei man ſich des Dampfes bedient, nach.

3. Von den Mitteln, den Luſtdruck zu vermehren.

Gleichwie uns kein Mittel zu Gebote ſteht, den Luſtdruck zu vermindern, als durch Entfernen der Luft aus hermetiſch verſchloſſenen Gefäßen; eben ſo können wir auch den Luftdruck nicht anders vermehren, als dadurch, daß wir in einem geſchloſſenen Raume die Luft zuſammendrücken, oder durch angemeſſene Vorkehrungen in einem Gefäße mehr Luft zuſammenpreſſen, als es unter dem normalen Drucke der Atmoſphäre enthält. Die Mittel, mit bedeutendem Erfolge die Luft zuſammenzupreſſen, oder zu comprimiren, beſchränken ſich auf die Anwendung ſogenannter Compreſſionspumpen. Die Compreſſionspumpe beſteht aus zwei ähnlichen Stiefeln wie die Luftpumpe, nur mit dem Unterſchiede, daß ſich die Ventile im entgegengeſetzten Sinne, d. h. von oben nach unten öffnen. Wenn man den Kolben niederdrückt, ſo wird die Luft im Stiefel zuſammengedrückt und in den Recipienten, oder dasjenige luftdicht geſchloſſene ſtarke Gefäß getrieben, in welchem Operationen unter vermehrtem Luftdrucke vorgenommen werden ſollen. Hebt man den Kolben aber, ſo öffnet die äußere Luft das erſte Ventil und tritt in den Stiefel, während die comprimirte Luft des Recipienten auf das zweite Ventil drückt und es verſchloſſen hält. Wenn endlich der Kolben wieder niedergedrückt wird, ſo verſchließt ſich das erſte Ventil, die Luft im Stiefel wird immer mehr comprimirt und ihre Elaſticität wird ſo groß, daß ſie das zweite Ventil öffnen kann, und tritt alsdann wieder in den Recipienten u. ſ. f.

Die Barometerprobe der Compreſſionspumpe beſteht aus einer geraden Röhre, welche an dem oberen Ende verſchloſſen, mit Luft gefüllt und mit dem unteren Ende in ein Gefäß mit Queckſilber getaucht iſt. Im Anfange der Operation befindet ſich die Luft in der Röhre unter dem atmoſphäriſchen Drucke, und das Queckſilber ſteht innerhalb und außerhalb der Röhre gleich hoch; je mehr der innere Druck zunimmt, deſto mehr ſteigt das Queckſilber in der

Digitized by Google

Röhre, das Volumen der darin enthaltenen Luft reducirt ſich ſucceſſive auf die Hälfte, den dritten oder vierten Theil ſeiner anfänglichen Größe, und nach dem Mariotteſchen Geſetze kann man ſchließen, daß ſie ſich unter einem Drucke von 2, 3 oder 4 Atmoſphären befindet. In dem Recipienten iſt der Luftdruck um die Höhe der Queckſilberſäule, welche in der Röhre über dem äußeren Niveau ſteht, größer als in der letztern. Der Druck der Gaſe, auch der atmoſphäriſchen Luft, wird im Allgemeinen durch zwei verſchiedene Mittel beſtimmt, entweder durch Säulen tropfbarer Flüſſigkeiten, oder durch Ventile. Die Apparate, worin der Druck der Gaſe durch Säulen tropfbarer Flüſſigkeiten beſtimmt wird, nennt man Manometer und die Ventile werden im Allgemeinen Druckventile oder Sicherheitsventile genannt, wenn ſie zur Verhütung von Explosionen beſtimmt ſind.

Dieſer Ventile giebt es von ſehr verſchiedenen Formen und Dimenſionen; bald haben ſie die Form eines abgeſtumpften Kegels a und b Fig. 3. Taf. II., und bald ſind ſie bloße Platten, welche ſehr genau auf die Wände der Oeffnung paſſen, wie c. In allen Fällen müſſen ſie die Oeffnung bis zu dem Augenblicke hermetiſch verſchließen, wo ſie gehoben werden. Bei großen Apparaten bedient man ſich meiſtens der Ventile. Zur Beſtimmung der Elaſticität des Gaſes, welches die Ventile heben kann, muß man Zweierlei bemerken: 1) das Totalgewicht, womit das Ventil belaſtet iſt, und 2) die Größe der Fläche, welche dem Drucke des Gaſes wirklich ausgeſetzt iſt. Wäre das Gewicht in Kilogrammen und die gedrückte Fläche des Ventils in Quadratcentimetern ausgedrückt und betrüge das Gewicht 100 Kilogr. und die gedrückte Fläche 25 Quadratcentimeter, ſo wirkte auf jedes Quadratcentimeter ein Druck von 4 Kilogrammes; folglich iſt, da der atmoſphäriſche Druck auf ein Quadratcentimeter 1,033 Kilogr. beträgt, die Anzahl Atmoſphären, welche dem Drucke der comprimirten Luft gleich ſind, wodurch das Ventil gehoben wird $= \frac{4}{1,033} + 1 - 4,87$ Atmoſphären, weil der gewöhnliche atmoſphäriſche Druck auch auf das Ventil wirkt. Iſt mit dem Gefäße, worin die Luft zuſammengedrückt wird, ein Manometer, Fig. 3. Taf. I., luftdicht verbunden, ſo kann man den Druck der comprimirten Luft nach dem Mariotteſchen Geſetze daran wahr-

Digitized by Google

nehmen. Bei dem gewöhnlichen Druck der Atmoſphäre ſteht das Queckſilber in beiden Schenkeln gleich hoch. Bei Vermehrung der Spannung aber muß das Queckſilber in dem Schenkel b ſteigen und die darüber befindliche Luftſäule zuſammengedrückt oder kürzer werden.

Angenommen, in dem Schenkel b befände ſich über dem Niveau des Queckſilbers eine Luftſäule von 12 Zoll Höhe, dieſelbe verkürzte ſich aber durchs Steigen des Queckſilbers nach längerem Einpumpen der Luft auf 9, dann auf 6, endlich auf 3 Zoll, ſo würde die Spannung gleich ſein, im erſten Falle einem Drucke von 2, im andern von 3, und im letzten von 4 Atmoſphären; indem nach dem oben ausgeſprochenen Mariotteſchen Geſetze eine Luftſäule von 12 Zoll Höhe durch eine Queckſilberſäule von $4 \times 28 = 112$ Zoll auf 3 Zoll zuſammengedrückt wird.

Will man in einem Gefäße a, Fig. 4. Taf. I., die Luft comprimiren, ſo kann dieſes vermittelſt einer ganz einfachen Compreſſionspumpe b geſchehen, die man daran ſchraubt. Hat die Mündung des Gefäßes ſelbſt ein Ventil c, ſo bedarf es bloß noch eines zweiten d im Kolben der Pumpe. Bei jedem Auszuge des Kolbens füllt ſich derſelbe mit äußerer Luft, welche beim Zurückſtoßen in das Gefäß gepreßt wird. Iſt die Capacität des Stiefels $\frac{1}{5}$ von a, ſo wird der Theorie nach bei jedem Stoße die Luft in a um $\frac{1}{5}$ ihrer urſprünglichen Maſſe vermehrt und um ſo viel dichter. Nach 10 Stößen enthält a $\frac{10}{5}$, nach 50 Stößen $\frac{50}{5}$ mehr Luft, und iſt daher 11 Mal dichter. — Auch durch Waſſerdruck läßt ſich die Luft verdichten, doch kann davon nur in einzelnen Fällen Gebrauch gemacht werden, wovon weiter unten die Rede ſein wird.

4. Gewöhnliche Erſcheinungen als Folge des verminderten oder vermehrten Luftdrucks.

Man hat in dem vermittelſt der Luftpumpe erzeugten luftleeren Raume eine Menge von Verſuchen angeſtellt, um den Einfluß des Luftdruckes und der Luftleere auf organiſche und unorganiſche Körper zu beobachten, und dadurch viele intereſſante Reſultate erhalten, von denen manche einen Fingerzeig geben, wie man den luftleeren Raum in der Induſtrie mit Vortheil benutzen kann. Gleich wie das Leben

Digitized by Google

warmblütiger Thiere in verdünnter Luft nur kümmerlich beſtehen kann und größere Verdünnung ſchnellen Tod durch Erſtickung zur Folge hat, eben ſo geht auch das Verbrennen darin nur ſchwierig von ſtatten, und in faſt gänzlich luftleerem Raume erliſcht eine brennende Kerze ſogleich, weßhalb auf hohen Bergen auch nur ſchwierig Feuer zu unterhalten iſt.

Nur gewiſſe Inſekten können mehrere Tage im luftleeren Raume fortleben. Im abſolut oder nur ziemlich vollkommen luftleeren Raume fängt ſelbſt kaltes Waſſer zu ſieden an, in weniger verdünntem muß es zuvor erwärmt werden. An der Luft in Gährung übergehende Subſtanzen bleiben im luftleeren Raume unverändert.

Auf dieſer letzten Eigenſchaft beruht Appert's Verfahren, die Nahrungsmittel zu conſerviren. Dieſes Verfahren wird in den meiſten der franzöſiſchen und engliſchen Häfen im Großen angewendet und leiſtet der Schifffahrt die größeſten Dienſte. Man hat gefunden, daß Speiſen, welche bereits 16 Jahre in luftleeren und luftdicht verſchloſſenen Gefäßen enthalten waren, beim Oeffnen derſelben eben ſo friſch als den erſten Tag waren. — Macht die Decke des luftleeren Gefäßes eine Art ſehr dicken hölzernen Becher aus, ſo wird durch den Druck der Luft Waſſer, Queckſilber und jede andere tropfbare Flüſſigkeit ſehr ſchnell durch die Poren des Holzes wie ein ſehr feiner Regen hindurch getrieben. — Eine Handſpritze ſaugt nicht mehr, ein Heber fließt nicht mehr und eine Glocke giebt keinen Schall. — Stahl und Stein geben darin durch Aneinanderſchlagen keine Funken mehr, obgleich Stahltheile abſpringen und ſchmelzen. — Flüchtige Flüſſigkeiten verdunſten im luftleeren Raume ſehr ſchnell und bewirken Kälte; ſüßes Waſſer, noch mehr Sauerwaſſer (Kohlenſäure enthaltendes) geben im luftleeren Raume eine Menge Luftblaſen von ſich und letzteres wird dadurch unſchmackhaft.

Bringt man ein Stück Holz, unter Waſſer feſtgehalten, unter die luftleere Glocke, ſo ſteigen Luftblaſen aus allen Poren des Holzes, und läßt man alsdann wieder Luft hinzu, ſo treibt dieſe in alle jene leeren Poren Waſſer. — Poröſe organiſche Körper, z. B. ein Apfel, ſchwellen ſtark auf und ſinken nach dem Zulaſſen von Luft wieder zuſammen. — Beſchwert man Holz durch Anbinden von Blei,

Digitized by Google

ſo ſteigt es nach dem Auspumpen der Luft in dem mit Waſſer gefüllten unter der Glocke befindlichen Gefäße empor und ſchwimmt und ſinkt nach dem Zulaſſen von Luft wieder unter. — Ein Dukaten und eine Flaumfeder, oder eine Bleikugel und ein Stückchen Holundermark fallen im luftleeren Raume gleich ſchnell nieder, weil ſie den im freien Raume zu bekämpfenden Widerſtand der Luft nicht mehr haben.

Unter denjenigen Erſcheinungen, worin ſich die Wirkungen der Luftverdünnung und des Luftdruckes freiwillig äußern, gehört das Athemholen. Es geſchieht durch Erweiterung der Bruſthöhle, wobei in derſelben ein luftverdünnter Raum entſteht und die äußere Luft einſtrömt. Eben ſo ſind ſie wahrzunehmen beim Trinken, Saugen, Schlürfen und Tabakrauchen.

Die Wirkung der bekannten gläſernen Schröpfköpfe gründet ſich auf dieſelbe Urſache; es wird darin durch Erwärmen die Luft verdünnt, in Folge deſſen nach dem Erkalten ein luftverdünnter Raum und jene beabſichtigte Anſchwellung der mit dem Schnäpper zu verwundenden Körperſtelle entſteht.

Das Füllen der Thermometerröhren, das wegen der Enge ihrer Mündungen auf eine andere Weiſe kaum möglich ſein würde, geſchieht durch wiederholtes Erwärmen derſelben und Eintauchen in Queckſilber. Der atmoſphäriſche Druck treibt das Letztere in die luftverdünnte Röhre.

Das Abfließen einer Flüſſigkeit aus einem vollen, dicht verſpundeten Gefäße findet nicht ſtatt, und aus einem theilweiſe vollen kann es nur ſo lange erfolgen, bis die über ihr befindliche Luftſchicht etwas verdünnt iſt; in beiden Fällen iſt die Abweſenheit des Luftdruckes hinderlich.

Auch jede Feuerungsanlage gewährt Betrachtungen über die Wirkung des luftverdünnten Raumes und des Luftdruckes. — Die entzündeten Brennmaterialien bewirken eine Luftverdünnung durch Verzehrung des Sauerſtoffs und Ausdehnung der Luft in Folge der Wärme. Hierdurch entſteht der zur Unterhaltung des Feuers ſo nöthige Luftzug durch den Roſt, oder bei Windöfen, durch das Zugloch in deren Ofenthür. Der Zug iſt um ſo ſtärker, je kleiner das Zugloch derſelben iſt, weil dann die Luft um ſo ſchneller durchziehen muß, um das Gleichgewicht herzuſtellen. — Bei Flammenöfen, bei Feuerungsanlagen für Dampfkeſſel nimmt

Digitized by Google

man hohe Eſſen oder Schornſteine, weil der erzeugte Hitzgrad bei einerlei Aufwand an Brennmaterial um ſo ſtärker iſt. In dem Schornſtein wird durch die Hitze die Luft verdünnt, und auf eine je größere Höhe dieſes geſchieht, deſto größer iſt das Uebergewicht der unten eindringenden, das Feuer anfachenden Luft, deſto ſtärker der Zug.

Zweiter Abſchnitt.

Von der Benutzung des luftleeren Raumes zu induſtriellen Zwecken.

Die früheſte Benutzung des luftleeren Raumes zu einem induſtriellen und ökonomiſchen Zwecke iſt unſtreitig die zum Heben des Waſſers; man hat ſie, wie zum Theil ſchon aus dem erſten Abſchnitte erhellt, angewendet, ehe man über die Urſache ihrer Wirkung im Klaren war.

1. Der Heber.

Mit dem Namen Heber bezeichnet man eine gebogene, ungleichſchenklige Röhre, deren Wirkung auf der Störung des Gleichgewichts der beiden Flüſſigkeitsſäulen in den beiden communicirenden Röhren beruht. In einer gleichſchenkligen Röhre wird, wenn dieſelbe eng und nicht über 32 Fuß hoch iſt, der Luftdruck beide Flüſſigkeitsſäulen am Ausfließen verhindern. Dieſes erfolgt jedoch ſogleich, wenn der eine Schenkel länger iſt und tiefer liegt, indem dann die eine Flüſſigkeitsſäule ſtärker drückt, und hält, da kein luftleerer Raum entſtehen kann und die Luft auf die Oberfläche der Flüſſigkeit drückt und ſolche in die Röhre treibt, ſo lange an, bis der kürzere Schenkel von der Flüſſigkeit nicht mehr bedeckt wird und Luft hinzutreten kann.

Fig. 4. Taf. IV. zeigt einen ſolchen Heber; ſteht deſſen kürzerer Schenkel a b in einer Flüſſigkeit und ſaugt man an dem längeren b c, ſo fängt dieſer zu fließen an, und hört nicht eher auf, bis die Flüſſigkeit auf den Stand d herabgeſunken iſt. Uebrigens iſt es zur Wirkſamkeit eines ſolchen Hebers nicht unbedingt nothwendig, daß der eine

Digitized by Google

Schenkel länger iſt, indem nur eine ungleiche Länge der Flüſſigkeitsſäulen erforderlich iſt. Die Länge des in die Flüſſigkeit getauchten Schenkels kann nur von der Oberfläche derſelben, alſo von e bis b gerechnet werden; es wird daher eine Störung des Gleichgewichtes bedingt, wenn man bei einem gleichſchenkligen Heber den einen Schenkel nur tief in die Flüſſigkeit eintauchen läßt.

Um das Saugen mit dem Munde zu erſparen, kann man den Heber vor der Anwendung mittelſt eines Trichters mit der überzuziehenden Flüſſigkeit anfüllen. Bei großen meſſingenen oder blechenen Hebern zu techniſchen Zwecken ſind die Mündungen mit Hähnen verſehen und am höchſten Punkte der Wölbung des Hebers, bei b, befindet ſich ein ebenfalls mittelſt eines Hahnes zu verſchließendes trichterförmiges Anſatzrohr. Die Hähne an den Mündungen werden geſchloſſen, der Heber wird durch das trichterförmige Anſatzrohr gefüllt, dann der Hahn an dem letztern geſchloſſen, der kurze Schenkel des Hebers in die überzuziehende Flüſſigkeit geſenkt und nun die Hähne an den Mündungen geöffnet. Das Ausfließen durch den längeren Schenkel dauert ſo lange, bis der Flüſſigkeitsſpiegel die Mündung des kürzeren Schenkels erreicht.

Beim Abziehen von Flüſſigkeiten aus Fäſſern durch deren Spundloch, iſt jedoch das Anbringen eines Hahns am kürzeren Schenkel nur dann ſtatthaft, wenn er ſehr klein gemacht und gleich geöffnet wird, wenn das Rohr ſich unter dem Niveau der Flüſſigkeit befindet, weil man ihn ſpäter mit der Hand nicht würde erreichen können; man kann jedoch in einem ſolchen Falle die Oeffnung des kürzeren Schenkels mit dem Finger verſchließen. In Fig. 5. Taf. IV. iſt ein ſogenannter Giftheber dargeſtellt, bei dem man während des Saugens der Gefahr entgeht, etwas von der Flüſſigkeit in den Mund zu bekommen. Derſelbe hat noch eine Nebenröhre c d, durch die man bei d mit dem Munde ſaugt, während man die Oeffnung a mit dem Finger verſchließt, bis die Flüſſigkeit dort angekommen iſt.

Beim Ueberziehen mineraliſcher Säuren kann auch das Saugen durch Nebenröhren nicht ohne Beſchwerden für den Saugenden ſtattfinden, wenn erſtere, wie z. B. die Hydrochlorſäure und Salpeterſäure, ſtechende Dämpfe ausſtoßen. Für ſolche Fälle hat man an der Mündung der Neben-

Digitized by Google

röhre c a Fig. 5. einen Blaſebalg luftdicht befeſtigt, bei deſſen Aufziehen die Luft aus dem Heber entfernt wird. Ein ſolcher Blaſebalg kann viereckig, ohne eiſerne Mündung, leicht und von Kautſchuk hergeſtellt werden.

Soll eine Flüſſigkeit aus einer Flaſche in die andere übergezogen werden, ſo kann man ſich dazu der Vorrichtung Fig. 7. Taf. IV. bedienen. a iſt die Flaſche, welche in b entleert werden ſoll; zu dieſem Zwecke werden beide mittelſt der Heberröhre c verbunden und in b noch eine Saugröhre c geſteckt, wobei es ſich von ſelbſt verſteht, daß b mit einem Pfropfen luftdicht verſchloſſen und die beiden Röhren in letzteren völlig dicht eingelaſſen ſein müſſen. Verdünnt man in b die Luft, indem man ſolche an der Röhre a durch Saugen oder den erwähnten Blaſebalg auszieht, ſo ſteigt die Flüſſigkeit in b über und wird nur einen geringen Rückſtand in a laſſen, wenn die Röhre c in letzterem bis auf den Boden hinabreicht. Iſt a etwa nicht mehr voll, ſo muß natürlich immer die Heberröhre unter dem Niveau der Flüſſigkeit ausmünden.

Ein ſogenannter Stechheber iſt in Fig. 8. Taf. IV. abgebildet. Steckt man ihn mit ſeiner unteren engen Mündung in die Flüſſigkeit a, ſo kann die bis b hineingedrungene Flüſſigkeit herausgehoben werden, ſobald man die obere Oeffnung mit dem Finger luftdicht ſchließt, und die untere eng genug iſt, um keine Luft eindringen zu laſſen.

2. Der Vexirbecher und große Canalheber.

Der ſogenannte Vexirbecher, Fig. 6. Taf. IV., iſt ein Gefäß, in welchem der Heber a b c angebracht iſt. Wird derſelbe mit einer Flüſſigkeit gefüllt, ſo tritt dieſelbe auch in die beiden Schenkel a und d, welche mit einer Röhre b bei c in Verbindung ſtehen. Die Luft entweicht aus den Schenkeln durch die Röhre b, welche außerhalb des Bodens des Gefäßes ausmündet. Sobald die Flüſſigkeit über c ſteht, entleert ſich der Becher.

Dem muthmaßlichen Vorhandenſein ſolcher heberartiger natürlicher unterirdiſcher Canäle ſchreibt man die ſonderbare Erſcheinung zu, daß der Zirknitzer See in Krain nach langem Regenwetter trocken wird, das Intermittiren gewiſſer Quellen, z. B. hinter der Villa Pliniana am Comer See, des Hirſchbrunnen am Hallſtädter See ꝛc. Am Canale von

Languedoc ſind ſolche gemauerte Heber angebracht, um das Waſſer, wenn es zu hoch ſteigt, wieder auf den Normalſtand zurückzubringen.

Auch auf andere Weiſe kann man ſich der Heber im Großen mit Vortheil bedienen. Soll z. B. ein Teich oder Baſſin in ein anderes, natürlich nicht höher liegendes Behältniß gebracht werden, ſo kann man ſich dazu eines aus Dielen luftdicht zuſammengefügten Hebers bedienen, deſſen ſpecielle Einrichtung den Localumſtänden angepaßt werden muß. Man verſtopft die beiden Endöffnungen, füllt die Röhre durch eine obere Oeffnung, welche man luftdicht verſchließt und dann die Mündungen öffnet, worauf die Wirkſamkeit des Hebers beginnt.

In Fig. 11. Taf. VI. iſt ein Heber im großen Maßſtabe abgebildet, wie man ihn zur Gewältigung der Lautener Baue am Stadtberge im Marienberger Revier benutzte. Man ließ den oberen Schenkel in einen alten Kunſtſchacht münden, führte das Verbindungsrohr 420 Fuß weit auf einer Hundsſtrecke fort, und verband daſſelbe mit dem 77 Fuß tiefer gelegenen Stollen durch den unteren Schenkel. Wegen der Biegungen der Strecke und der Verbindungen mit den abſteigenden Schenkeln waren mehrere Röhrenbiegungen nothwendig; bei Verbindung des unteren Schenkels **a** mit der horizontalen Röhrentour **c c'** wurde daher ein 12 Fuß langes Röhrenſtück unter 45° eingelegt und das Ende von **c** durch einen Spund **d** geſchloſſen. Der obere Schenkel **c** wurde bei **c'** gleich rechtwinklig eingeſetzt. Die in der Nähe der beiden Schenkel angebrachten, mit Käſten **e** und **e'** verſehenen Windſtöcke **f** und **f'** dienten zur Füllung des Hebers, und die Ausmündung des oberen Schenkels **a'** war mit einem Ventile verſehen, welches durch die Steuerlatte **k** geöffnet oder geſchloſſen werden konnte; der ausgießende Schenkel **a** war an ſeiner Oeffnung durch einen Spund mit Seitenöffnung verſchloſſen.

Das geſammte Röhrenwerk beſtand aus zweiböhrigen Röhren von $2\frac{1}{2}$ Zoll Weite; auf den Wechſeln waren eiſerne Büchſen eingelegt und Alles ſcharf angetrieben, übrigens in den Krümmungen die Wechſel mit Letten verſtrichen und die drei Wechſel bei **d**, welche am ſchwierigſten luftdicht zu halten waren, mittelſt eingebauter Käſten unter Waſſer gehalten. Nachdem der Heber durch **e** gefüllt war, wurden

Digitized by Google

beide Windſtöcke mit Spunden geſchloſſen und die beiden unteren Oeffnungen möglichſt gleichzeitig geöffnet; der Heber floß im Anfange wegen Zutritt von Luft ungleichförmig, doch gewältigte er bei 75° Fallen des Ganges 29 Fuß Waſſer und hatte hier das Ende ſeiner Wirkſamkeit erreicht; im Mittel goß er 6 Kubikfuß in der Minute, nämlich anfänglich 8 und am Ende 4,5 und koſtete überhaupt 22 Thlr. 22 Gr. bei der Anlage, und 10 Thlr. 2 Gr. bei der Wartung.

3. Von den Spritzen.

Die gemeine Spritze, Handfeuerſpritze, Fig. 4. Taf. II., iſt die einfachſte Art von Pumpe. Wird dieſe Spritze mit ihrer Oeffnung in Waſſer geſteckt und der Stempel c in die Höhe gezogen, ſo hinterläßt er einen luftleeren Raum, in welchem das Waſſer in die Höhe ſteigt, ohne auszufließen, wenn man auch die Spritze ganz aus dem Waſſer hebt und forträgt; ſtößt man aber den Stempel c nieder, ſo ſpritzt das Waſſer mit einer Gewalt und auf eine Höhe heraus, die mit der Enge der Oeffnung und der ſtoßenden Kraft im Verhältniſſe ſteht.

Bei der ſogenannnten Saugſpritze oder dem Zubringer, deren Einrichtung mit der hinten beſchriebenen Feuerſpritze viele Aehnlichkeit hat, nur daß die Ventile ſich entgegengeſetzt öffnen, wird in einem luftdichten kupfernen Behälter, vermittelſt einer doppelt wirkenden Pumpe (ſ. oben) die Luft verdünnt. An einer Seite dieſes Behälters iſt ein luftdichter lederner oder Kautſchukſchlauch angeſchraubt, welcher in einen naheliegenden Brunnen, Teich oder andern Waſſerbehälter hinabhängt, in welchem das Waſſer vermittelſt des atmoſphäriſchen Luftdrucks in die Höhe getrieben und in den Kaſten ausgegoſſen wird. Gute Feuerſpritzen ſind jetzt in der Regel mit einem ſolchen Saugwerke in Verbindung gebracht.

4. Die Saugpumpen.

Die gewöhnliche Saugpumpe, vermittelſt welcher Waſſer oder eine andere Flüſſigkeit aus der Tiefe auf die Oberfläche der Erde gehoben wird, beſteht aus drei weſentlichen Stücken: aus dem Saug- oder Steigrohre a b, aus dem Stiefel c d, und aus dem Kolben f (Scholz Phyſ.) Das

Digitized by Google

Saugrohr ſteht unten im Waſſer, und iſt oben bei a mit einem Ventile x geſchloſſen, welches ſich, aufwärts gedrückt, öffnet, abwärts gedrückt aber das Rohr genau ſchließt. In dem Stiefel bewegt ſich der Kolben oder Stempel f luftdicht auf und ab, ſo daß er bei ſeiner größten Höhe d erreicht, bei ſeiner größten Tiefe aber die Klappe h berührt. Der Kolben ſelbſt iſt durchbohrt und die Oeffnung oben mit dem Ventile y von derſelben Einrichtung wie das Ventil x geſchloſſen. Geſetzt nun, der im Anfange mit dem Ventile h in Berührung ſtehende Kolben werde in die Höhe gezogen, ſo entſteht zwiſchen dem Ventile x und dem Boden des Kolbens ein luftleerer Raum: die Luft in der Saugröhre ſtößt daher das Ventil x auf, und verbreitet ſich in dieſem Raume; weil aber in dieſem die Luft immer verdünnt bleibt, und dem Drucke der äußeren nicht das Gleichgewicht halten kann, ſo wird durch den letztern das Waſſer in der Saugröhre in die Höhe getrieben. Nun hat der Kolben ſeine größte Höhe erreicht, und fängt an, ſich herabzubewegen: dadurch wird die vorher verdünnte Luft verdichtet, will durch das Ventil x wieder in die Saugröhre treten, verſchließt ſich aber dieſen Ausgang durch Zudrücken ſelbſt, und findet keinen andern, als die Klappe y in dem Kolben aufzuſtoßen und hier zu entweichen. Das Waſſer in der Saugröhre bleibt, wenn das Ventil x den Druck der zuſammengepreßten Luft in dem Stiefel abhält, auf derſelben Höhe ſtehen, zu welcher es vorher bei der Verdünnung der Luft, während des Anziehens des Kolbens geſtiegen war.

Wenn dieſes Verfahren einige Mal wiederholt und die Luft im Stiefel immer mehr, nämlich jedes Mal um den Theil, der beim Herabdrücken des Kolbens durch das Ventil y entweicht, verdünnt wird; ſo ſteigt das Waſſer in der Saugröhre immer höher, ſpäter ſogar über das Ventil x, füllt endlich den ganzen Stiefel aus, ſo daß beim Hinabdrücken des Kolbens Waſſer ſtatt Luft durch das Ventil y dringt, welches dann beim Herausziehen des Kolbens durch die Gußröhre g h ausfließt. Da der Druck der Atmoſphäre, welcher das Waſſer im Rohre unter dem Kolben ſteigen macht, daſſelbe nicht über 32 Fuß heben kann, ſo darf das Saugrohr ſich nicht ganz 32 Fuß über die Oberfläche des Waſſerſpiegels erheben. Je mehr ſich die Höhe des Saugrohrs 32 Fuß nähert, deſto genauer muß das

Digitized by Google

Pumpwerk conſtruirt, und vorzüglich der ſchädliche Raum, d. h. der Zwiſchenraum, der beim niedrigſten Stande des Kolbens zwiſchen dieſem und dem Ventile **h** bleibt, und aus dem die Luft daher nicht ganz weggeſchafft werden kann, möglichſt vermieden werden; eine Pumpe mit ſolchem ſchädlichen Raume hebt Waſſer nie auf 32 Fuß. Als ein gutes Verhältniß nimmt man an, wenn die Saugröhre bis zum Ventile x ſich 25 bis höchſtens 28 Fuß über die Oberfläche des Waſſers erhebt, und wenn der Spielraum des Kolbens, d. h. der Raum zwiſchen ſeinem höchſten und niedrigſten Stande im Stiefel 4 Fuß beträgt.

Nachträglich iſt noch zu bemerken, daß eine ſolche Pumpe indeſſen dennoch im Stande iſt, das Waſſer auf eine Höhe von 60 bis 80 Fuß zu heben, wenn man den Stiefel oder das Kolbenrohr angemeſſen verlängert, indem dasjenige Waſſer, welches durch das Ventil y des Kolbens gedrungen iſt, nicht mehr, wie leicht erſichtlich, von dem Drucke der Atmoſphäre abhängig iſt, indem es beim Aufwärtsſteigen deſſelben natürlich mit gehoben wird. Man nennt ſolche Pumpen Saughebpumpen oder Pumpen mit hohen Sätzen. Man bedient ſich ſolcher Pumpen in Bergwerken, wo das Waſſer mehrere 100 Fuß hoch gehoben werden ſoll, und ſtellt dann, wenn das Waſſer etwa 250 bis 300 Fuß hoch gehoben werden ſoll, mehrere ſolcher Sätze, Kunſtſätze, über einander, indem man das Waſſer, welches die unterſte Pumpe hebt, in den Behälter ſich ausgießen läßt, in welchem das Saugrohr des zweiten ſteht u. ſ. w. Durch eine gemeinſame Zugſtange werden alle 3 Pumpenſtangen zugleich in Bewegung geſetzt, auch werden gewöhnlich 2 Pumpen neben einander geſtellt, die wechſelsweiſe ziehen.

Nachträglich noch eine Bemerkung über Ventile. Man verſteht darunter eine Vorrichtung, wodurch ſowohl einer tropfbaren als gas- oder dampfförmigen Flüſſigkeit ein Durchgang durch eine Röhre oder irgend eine andere Oeffnung verſtattet, der Rückweg aber verſchloſſen wird.

In Fig. 8. zeigt **a b** ein Klappen- und **c d** ein Kegelventil, deren Wirkung Jedem ohne weitere Erläuterung verſtändlich iſt.

5. Savery's Dampfmaſchine und Watt's Prägwerk.

Schon oben wurde der Verſuch Paskal's erwähnt,

Digitized by Google

durch welchen er den Druck der Atmoſphäre auf eine Waſſerſäule ausmittelte. Auch Guerike ſtellte einen Verſuch darüber an, ob der Luftdruck das Waſſer in einem luftverdünnten Raume auf eine gewiſſe Höhe treibe. Er bediente ſich eines großen luftleer gemachten Recipienten, den er mit einer langen Röhre, welcher unter Waſſer tauchte, in Verbindung ſetzte.

In gleicher Weiſe benutzte ein engliſcher Capitain, Namens Savery, den durch Dampf erzeugten luftverdünnten Raum, um Waſſer ohne Anwendung gewöhnlicher Pumpen zu heben. Seine ſogenannte Dampfmaſchine, richtiger Waſſerhebungsmaſchine, wurde 1698 in England patentirt und hat folgende Einrichtung, Fig. 1. Taf. VI. **A** iſt der Keſſel zur Entwicklung der Dämpfe, **B** ein Rohr zum Abführen derſelben, und **C** ein Hahn, um die Fortleitung beliebig herzuſtellen oder unterbrechen zu können. **D** iſt ein Behälter, der mit dem Keſſel und der Röhre **E F** in Verbindung ſteht. Von letzterer dient der untere Theil **E** als Saugröhre, der obere **F** als Steigröhre für das aus dem Brunnen oder Sumpfe **G** nach **H** zu hebende Waſſer. **a** und **b** ſind entſprechende Ventile, welche dem Waſſer nur eine aufwärts gerichtete Bewegung geſtatten. **c** iſt ein Probirhahn für die Dämpfe im Keſſel und **d** das Sicherheitsventil des letztern.

Die Wirkung der Maſchine iſt folgende. Haben ſich genug Dämpfe in **A** entwickelt, ſo öffnet man den Hahn **C** und füllt **D** mit Dampf. Hierauf ſchließt man **C** und läßt kaltes Waſſer von **I** aus auf die Außenwände des Behälters **D** gelangen. Hierdurch verdichtet ſich der in **D** befindliche Dampf und es entſteht daſelbſt ein luftverdünnter Raum, der aber ſogleich mit Waſſer gefüllt wird, indem die äußere Luft daſſelbe von **G** aus in die Röhre **E** hinaufdrückt. Oeffnet man ſodann den Hahn **C** von Neuem, ſo nöthigt der Druck des hinzuſtrömenden Dampfes das in **D** befindliche Waſſer in der Röhre **F** aufwärts zu ſteigen und endlich in den Behälter **H** auszugießen.

Später ſuchte Savery ſeine Maſchine dadurch zu verbeſſern, daß er zwei Keſſel und zwei Behälter **D** mit einander verband, ſo daß die Wirkung möglichſt ununterbrochen ſtattfinden konnte. Uebrigens hob dieſe Maſchine das Waſſer nur auf eine geringe Höhe, verbrauchte viel Brenn-

Digitized by Google

material und konnte deßhalb nie ausgedehnte Anwendung finden. Sie gab indeſſen die erſte Idee zur Herſtellung der Dampfmaſchine, indem man bemüht war, den Dampf unter einen Kolben zu leiten, dieſen dadurch ſteigen zu machen und erſtere dann zu verdichten, worauf der Kolben durch den atmoſphäriſchen Luftdruck herabgedrückt werden mußte. Dieſes gelang, man verband mit dem Kolben einen Hebel und brachte dadurch eine abwechſelnde Bewegung hervor.

Newcomen ſtellte eine nach dieſem Princip gebaute Dampfmaſchine her, welche man nach ihm oder auch atmoſphäriſche Dampfmaſchine benennt und womit die Möglichkeit zur Hervorbringung jeder Bewegung gegeben war, und woraus alle anderen mit Kolben wirkenden Dampfmaſchinen hervorgegangen ſind.

Watt wendete daſſelbe Princip 1808 bei der Conſtruction einer Durchſtoßmaſchine und eines Prägewerks an, welches er für die neue Londoner Münzſtätte erbaute. Später lieferten Bulton und Watt dergleichen Maſchinen für die ruſſiſche und däniſche Regierung, durch welchen Umſtand es möglich wurde, Zeichnungen zu nehmen, da die Erbauer die Conſtruction früher geheim hielten und die Maſchine, welche die Prägwerke bewegte, durch einen Verſchlag den Blicken der die Anſtalt Beſuchenden ſorgfältig entzogen. Das Petersburger Werk wurde von Nevedomsky beſchrieben: Description de la nouvelle machine a battre la monnaie. St. Petersburg 1811. Ueber das Londoner findet ſich ein Aufſatz in dem Supplement to the Encyclopedia britannica; auch iſt es abgebildet und beſchrieben im 10ten Bande von Prechtl's Encyklopädie.

Eine Maſchine gleicher Art wurde in neuerer Zeit auch in Utrecht, behufs Prägung kleiner Scheidemünze für die niederländiſchen Colonieen, aufgeſtellt und von dem Münzdirector Herrn Suremond in den Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleißes in Preußen, Jahrg. 1831, abgebildet und beſchrieben.

6. Die atmoſphäriſche Eiſenbahn.

Als eine Curioſität erwähnt Profeſſor Schubarth einen Verſuch von Guerike, eine Windbüchſe zu conſtruiren, in welcher die Kugel nicht durch verdichtete, ſondern durch die unverdichtete atmoſphäriſche Luft geſchleudert wird.

Digitized by Google

Die Einrichtung iſt folgende: An ein mehrere Ellen langes Rohr, welches an einem Ende einen breiten Rand hat, wird ein Röhrchen angelöthet, und mit dem Rohr an dem vorgenannten Ende in Verbindung geſetzt. Das enge, mit dem weiten Rohre communicirende Röhrchen iſt halb ſo lang wie erſteres, und endigt ſich in einen hohlen Kegel, in welchen ein luftleer gepumpter Recipient einmündet. Wird nun das Rohr an dem mit dem breiten Rande verſehenen Ende durch eine Scheibe ſtarkes Leder geſchloſſen, am andern Ende eine Bleikugel eingelegt, und der Hahn des Recipienten ſchnell geöffnet, ſo wird die Luft in dem Rohre vor der Kugel verdünnt, weßhalb der Luftdruck die letztere durch das Rohr ſchleudert. Daß eine Windbüchſe dieſer Art keinen praktiſchen Werth habe, bedarf keines Beweiſes; denn die Kugel kann höchſtens durch den Druck einer Atmoſphäre bewegt werden, während bei der gewöhnlichen Windbüchſe die Kugel durch achtzig= und mehrfach verdichtete Luft geſchleudert wird.

Das dieſer Vorrichtung zu Grunde liegende Princip iſt in neueſter Zeit von Vallance als Transportmittel vorgeſchlagen worden. Es iſt das Princip der ſogenannten atmoſphäriſchen Eiſenbahn, welche von Clegg und Sumada zuerſt ausgeführt wurde, und wobei in einem die ganze Bahn entlang liegenden, durch eine Luftpumpe von der Luft zu entleerenden Röhre durch den Druck der atmoſphäriſchen Luft ein mit dem Wagen verbundener Kolben fortbewegt wird. Die ſofortige lufdichte Schließung der Klappen, durch welche die Verbindung des Wagens mit dem Kolben hergeſtellt wird, ſo wie die Nothwendigkeit, dieſe Eigenſchaft auf lange Zeit andauern, nicht alſo durch Einwirkung von Luft und Regen bald aufgehoben, ſo wie durch Zufälligkeiten, als dem Hineinwehen kleiner Körper ꝛc., unterbrochen zu ſehen, ſtellt der vortheilhaften praktiſchen Anwendung dieſes Eiſenbahnſyſtems mächtige Hinderniſſe in den Weg.

7. Pagins Maſchinerie, um die Kraft eines Waſſerrades auf eine große Entfernung fortzuleiten.

In den Actis eruditorum für das Jahr 1688 liefert Pagin, Profeſſor der Mathematik in Marburg, der Erfinder des bekannten Digeſtors, welcher ſeinen Namen führt, die Beſchreibung einer Maſchinerie, um die Kraft eines an

Digitized by Google

einem Fluſſe aufgeſtellten Waſſerrades auf eine große Entfernung, z. B. bis an ein Bergwerk zur Förderung der Erze oder zur Betreibung eines Pumpwerks fortzupflanzen.

Prechtl, der dieſelbe im erſten Bande der Jahrbücher des polyt. Inſtituts beſchreibt, ſagt: Es verlohnt ſich ohne Zweifel der Mühe, dieſe ſinnreiche, auf das Princip der Wirkung der Luftpumpe gegründete Maſchine, die gänzlich in Vergeſſenheit gerathen zu ſein ſcheint, neuerdings bekannt zu machen. Fig. 1. Taf. V. enthält die Zeichnung dieſer Maſchine. In den beiden Cylindern A A werden durch das Waſſerrad zwei Kolben luftdicht auf und nieder bewegt. Dieſe Kolben und Cylinder ſind wie bei einer Luftpumpe eingerichtet, ſo daß ſich ein Ventil im Boden des Cylinders und ein anderes im Kolben befindet. Von dem Boden eines jeden dieſer Cylinder führt eine kurze Röhre in die gemeinſchafliche Hauptröhre R, welche luftdicht zuſammengeſetzt, bis an den Ort fortgeführt iſt, an welchem die bewegende Kraft wirken ſoll. Hier befinden ſich zwei Cylinder B B mit ihren Kolben c c, die ſich luftdicht auf und nieder bewegen. Der Hahn D ſteht mittelſt der Röhren E E mit dieſen Cylindern in Verbindung, ſo wie durch die Röhre R mit den Cylindern A A. Er iſt doppelt und dergeſtalt durchbohrt, daß wenn die Röhre E die Communikation der Hauptröhre R mit dem Inneren des Cylinders B herſtellt, die Communikation der äußeren Luft mit dem Inneren des Cylinders B durch die Röhre E geöffnet iſt, und umgekehrt.

Papin hat, wie die Zeichnung lehrt, mit dem Kolben den Cylinder B eine Welle mit einem Rade vermittelſt Seilen, die in entgegengeſetzter Richtung aufgewickelt ſind, in Verbindung gebracht, um durch das abwechſelnde Hin- und Herdrehen dieſes Rades beim Auf- und Niedergange der Kolben, Erzkübel aus einer Grube zu ziehen.

Das Spiel dieſer Maſchine iſt folgendes: Wenn durch das Spiel der Kolben in den Cylindern A A die Luft aus der Röhre R ausgepumpt wird, und der Hahn D nun eine ſolche Lage hat, daß die Communikation der Röhre R mit dem Cylinder B geöffnet iſt, ſo dringt die Luft aus dem Cylinder B′ in den mit verdünnter Luft angefüllten Raum der Röhre R und der mit ihr in Verbindung ſtehenden Luftpumpen A A; wodurch der äußere Luftdruck den Kolben

Digitized by Google

im Cylinder B niederdrückt, mit einer Kraft, die mit der Luftverdünnung unter demſelben im Verhältniſſe ſteht. Während dieſer Kolben niedergeht, folglich vermittelſt des Seiles die Welle mit dem Rade umdreht, wird der Kolben des anderen Cylinders B in die Höhe gezogen, indem die atmoſphäriſche Luft durch den Hahn unter dieſen Kolben freien Zutritt hat, folglich der Luftdruck von oben und unten auf derſelben gleich wird. Wird nun der Hahn D gewendet, ſo daß die Communikation der Röhre R mit dem Cylinder B, und die Communikation der äußeren Luft mit dem Cylinder B hergeſtellt wird; ſo drückt die Luft nur den Kolben im Cylinder B nieder, während der Kolben im Cylinder B′ in die Höhe gezogen wird; u. ſ. w. Zur Wendung dieſes Hahns läßt ſich übrigens leicht eine Steuerung anbringen.

Papin ſagt über dieſe Erfindung: »Als ich dieſe Maſchine im verfloſſenen Jahre (1687) der königlichen Geſellſchaft in London vorlegte, wurden mir einige Schwierigkeiten entgegengeſetzt, die mich veranlaßten, über die Größe der einzelnen Theile der Maſchine zur Hervorbringung eines beſtimmten Effectes Unterſuchungen anzuſtellen, und ich habe durch Rechnung und Erfahrung gefunden, daß, wenn in der Stunde 1000 Pfund Waſſer auf eine Höhe von 500 Fuß gehoben werden ſollten, und die Gruben vom Fluſſe zwei Stunden Weges, oder 20,000 Fuß entfernt wären, für die Cylinder B B′ ein Durchmeſſer von einem Fuß und eine Höhe von 4 Fuß hinreichen würde; die Röhre R aber nur einen Durchmeſſer von einem halben Zoll zu haben brauchte. Da dieſe Röhren nur einen Druck von außen leiden, und ihre convexe Form die Feſtigkeit vermehrt, ſo können ſie leicht und wohlfeil aus dünnem Blei hergeſtellt werden; ſo daß jene ganze Länge von zwei Stunden in England nicht mehr als zweihundert Thaler koſten würde.«

»Es kann daher dieſe Maſchine ſehr dauerhaft mit geringen Koſten hergerichtet werden, ohne Schwierigkeit, wie auch immer die Gegend hügelig und unterbrochen ſein mag, und ohne Unbequemlichkeit für die öffentlichen Straßen, da die Röhren unter dem Boden fortlaufen. Man muß zwar bekennen, daß der Kolben in den Luftpumpen A A, die vom Waſſerrade getrieben werden, eine größere Laſt überwinden müſſen, als von den Kolben in den Cylindern B B′ gehoben werden kann, und daß daher einiger Verluſt an bewe-

Digitized by Google

gender Kraft vorhanden ſei; jedoch iſt es viel beſſer, wenigſtens den größten Theil einer vorhandenen Kraft zu benutzen, als die ganze zu verlieren, beſonders da in vielen Flüſſen bewegende Kraft genug vorhanden iſt. Wegen dieſes Kraftverluſtes darf man daher unſere Maſchine nicht verwerfen, außer man erfinde etwas, bei welchem daſſelbe mit weniger Verluſt geleiſtet wird; woran ich jedoch ſehr zweifle.«

Es iſt ſchon bei der erſten Anſicht dieſer Maſchine, ſagt Prechtl, nicht zu zweifeln, daß ſie nicht in mehreren Fällen ſollte mit Vortheil angewendet werden können. Die Anfertigung langer luftdichter Röhren, desgleichen wohl ausgebohrter Cylinder zu den Pumpen mit luftdichter Kolbenliederung war zu Papins Zeiten noch mit Schwierigkeiten verbunden, heutzutage kann man dieſelben aus Gußeiſen zu jedem Durchmeſſer und hinlänglich wohlfeil erhalten. Werden die Kolben ſowohl in den Cylindern **A A′** als in jenen **B B′** mit einer Schicht Oel bedeckt, ſo wird dadurch die Luftdichtigkeit der Kolben geſichert und ihre Reibung vermindert. Am Boden dieſer Cylinder kann, wie in den neueren Woolf'ſchen Dampfmaſchinen, eine Vertiefung angebracht ſein, in welcher ſich das an der Seitenwand des Kolbens durchgetriebene Oel ſammelt und von Zeit zu Zeit abgezogen wird.

Die Vorrichtung mit dem Rade an der Welle, wie ſie ſich in Papins Zeichnung befindet, kann da, wo aus einer nicht ſehr bedeutenden Tiefe Erz ꝛc. gefördert werden ſoll, angewendet werden. Wäre z. B. der Durchmeſſer des Rades 6 Fuß, jener der Welle $\frac{2}{3}$ Fuß, der Kolbenhub im Cylinder 4 Fuß, ſo iſt: $\frac{2}{3} \times 4 = 36$ Fuß die Tiefe, auf welche der Kübel bei einem Niedergange des Kolbens ſinkt.

Sollen mit dem Cylinder **B B′** Waſſerpumpen, oder eine andere Maſchinerie in Verbindung gebracht werden, ſo müſſen die Kolben mit ſteifen Kolbenſtangen verſehen und mit einem, um eine Achſe beweglichen Querbaum, an welchem die Pumpenſtangen befeſtigt ſind, in Verbindung gebracht werden. An dieſen Querbaum läßt ſich leicht die Steuerung des Hahns anbringen, der ſich immer in dem Augenblicke dreht, wenn ein Kolben ſeinen Niedergang vollendet hat. Es muß nicht unintereſſant ſein, das Kolbenſpiel dieſer Maſchine wahrzunehmen, von welcher keine bewegende Kraft ſichtbar iſt, da das Waſſerrad, das mit den

Digitized by Google

Treibcylindern durch die unterirdiſchen Röhren in Verbindung ſteht, an einem entfernten Fluſſe ſich befinden kann.

Mit Vortheil anwendbar erſcheint dieſe Maſchine in allen jenen Fällen, wo die Kraft eines entfernten Fluſſes, oder eines Aufſchlagwaſſers durch die gewöhnlichen Mittel des Geſtänges oder der Stangenkunſt, auf einen entfernten Punkt entweder nur mit großen Schwierigkeiten und Kraftverluſt, oder mit einem größeren Anlags- und Unterhaltungscapital fortgepflanzt werden kann. Bedenkt man die durch die vielfältigen Zapfenreibungen in der Stangenkunſt hervorgebrachten Kraftverluſte, die Schwierigkeit ſeiner Anlegung in ſehr hügeligem Terrain, die Koſten zu ſeiner Erhaltung und Reparatur, und die vermehrte Aufſicht, ſo dürfte in den meiſten Fällen, wo die Bewegung auf eine beträchtliche Entfernung fortgepflanzt werden ſoll, die Papinſche Maſchinerie den Vorzug verdienen. Ihre Anwendung iſt an gar kein Terrain verbunden, die Röhren können ſenkrecht und horizontal, über die ſteilſten Berge, ſelbſt über Flüſſe und überall in dem kürzeſten Wege geführt werden. Sind die vorher auf Luftdichtigkeit geprüften Röhren von Gußeiſen bei der erſten Anlage mittelſt des bekannten Eiſenkittes ſorgfältig zuſammengefügt worden, ſo läßt ſich ohne Reparatur ihre Dauer auf eine lange Reihe von Jahren erwarten.

Prechtl giebt folgende Bemerkung über die Wirkungsart dieſer Maſchine, um danach die vortheilhaftere Einrichtung ihres Ganges bemeſſen zu können. Die Dichtigkeit der durch das Spiel der Maſchine in der Communikationsröhre **R R** verdünnten Luft ſei = **d**, wenn jene der äußeren atmoſphäriſchen Luft = **1** iſt. Soll dieſe Dichtigkeit **d** durch die Maſchine, nachdem ſie in den Beharrungsſtand getreten iſt, conſtant erhalten werden, die Schwankungen durch das immerwährende Einſtrömen der Luft aus den Cylindern **B B** und das Abziehen derſelben durch die Cylinder **A A′** abgerechnet; ſo muß durch die Pumpen **A A′** in gleicher Zeit eben ſo viel Luft von der Dichtigkeit = **1** ausgezogen werden, als durch die Cylinder **B B** hinzu kommt. Die Communikationsröhre **R** vertritt unter dieſer Vorausſetzung die Stelle eines Reſervoirs, welches die erwähnten Schwankungen um ſo mehr ausgleicht, je mehr ſein kubiſcher Inhalt jenen der Cylinder übertrifft. Für die in der

Digitized by Google

Anwendung vorkommenden Fälle, wo die Capacität der Röhre gegen jene der Cylinder ſehr groß iſt, iſt daher

$$I \cdot d = \frac{R'}{R\ a}$$

wenn R den kubiſchen Inhalt der beiden Cylinder B B′; R jenen der Cylinder A A und n die Anzahl der Kolbenſpiele (d. i. eines Aufgangs und Niedergangs des Kolbens) bezeichnet, welche in einem der Cylinder A A′ in der Zeit geſchehen, in welcher ein Kolbenſpiel in einem der Cylinder B B′ erfolgt. Wir wollen die Cylinder A A′ mit dem Namen Pumpencylinder, und jene B B′ mit Treibcylinder bezeichnen. Beim Aufſteigen des Kolbens in den Pumpencylindern bleibt die Dichtigkeit der Luft unter den Kolben gleich, nämlich = d, weil immer der verhältnißmäßige Erſatz aus den Treibcylindern erfolgt. Es iſt alſo der Druck auf den Kolben von unten

$$p = d\ p\ .\ a,$$

wenn a den Querſchnitt der Pumpencylinder oder die Kolbenflächen zuſammengenommen in Fußen, und p den Druck der atmoſphäriſchen Luft auf den Quadratfuß in Pfunden bezeichnet. Folglich iſt

$$p\ a - d\ p\ a = (I - d)\ p\ a$$

die Laſt auf dem Kolben; demnach die Kraft, welche zur Hebung des Kolbens erforderlich iſt, oder

$$V' = (I - d)\ p\ a\ h + \varrho$$

wo h die Höhe der Pumpcylinder innerhalb des Kolbenſpiels in Fußen und ϱ die Kolbenreibung durch den Weg h in Pfunden bezeichnet.

Geht der Kolben niederwärts, ſo wird die unter demſelben befindliche verdünnte Luft allmählich zuſammengedrückt, bis ſie vor der Ankunft des Kolbens am Boden der Dichtigkeit = I erreicht und dann durch die Ventilöffnung entweicht. Bis zu dieſer Grenze drückt daher die Luft unter dem Kolben nicht ſo ſtark gegen ſeine untere Fläche, als die äußere gegen ſeine obere drückt; der Kolben wird daher auf ſeinem Wege durch den Cylinder durch den äußeren Luftdruck niedergetrieben, welche Wirkung jedoch in dem Maße abnimmt, als die Dichtigkeit der Luft unter dem Kolben zunimmt.

Iſt d die Dichtigkeit, mit welcher die Luft vor dem Niedergange des Kolbens in dem Cylinder verbreitet iſt,

Digitized by Google

folglich d h der Theil des Cylinders, in welchem ſie beim Niedergange des Kolbens die Dichtigkeit = I erlangt, ſo findet ſich durch Integrirung die Wirkung des Luftdruckes auf den unteren Theil des Kolbens bei ſeinem allmählichen Niedergange durch den Raum d h

$$= p\ a\ d\ h\ (\log.\ nat.\ \frac{1}{d} + 1)$$

Demnach ergiebt ſich, da die Wirkung des Druckes der Luft auf den oberen Theil des Kolbens während ſeines Nieder-ganges = p a h iſt, für die geſammte zu ſeinem Nieder-gang durch den Cylinder erforderliche Kraft V″;

$$V'' = p\ a\ d\ h\ (\log.\ nat.\ \frac{1}{d} + 1) - p\ a\ h.$$

folglich iſt V′ + V″ oder die zur Bewirkung des Kolben-ſpieles der Pumpcylinder für einen Auf- und Niedergang des Kolbens erforderliche Kraft

$$V = d\ p\ a\ h\ \log.\ nat.\ \frac{1}{d}$$

In der Zeit t geſchehen in den Pumpcylindern n Kol-benhübe, in welcher ein Kolbenſpiel in den Treibcylindern erfolgt. Wird daher der vorſtehende Werth von V mit n multiplicirt, ſo drückt er die Laſt aus, welche in der Zeit t auf 1 Fuß gehoben wird. Bezeichnet t Sekunden, ſo iſt

$$II\ V = (d\ p\ a\ h\ \log.\ nat.\ \frac{1}{d}) \frac{n}{t} + \varrho$$

der Effect, oder die Kraft des Waſſerrades in Pfunden in einer Sekunde auf 1 Fuß gehoben, ausgedrückt; wo ϱ die Größe der Kolbenreibung in Pfunden bezeichnet. Während der Zeit t erfolgt ein Niedergang in den Treibcylindern B B′. Der Flächeninhalt der Kolben dieſer Cylinder zuſammenge-nommen ſei a′, die Höhe jedes einzelnen = h′: ſo iſt der Druck von der unteren Seite des Kolbens = d p a′; von oben = p a′; alſo effectiver Druck = (I — d) p a′; folglich die Geſammtlaſt in den Treibcylindern oder

$$III\ E = (1 - d)\ p\ a' \frac{b'}{t} + \varrho'$$

in Pfunden in einer Sekunde auf 1 Fuß gehoben.

Sonach wären in der Wirkung der Maſchine die me-chaniſchen Momente der Kraft und Laſt gegen einander be-ſtimmt; und es laſſen ſich aus deren Vergleichung die Ei-

Digitized by Google

genſchaften ihrer Wirkungsart erkennen. Um die Werthe von V und E (in den Formeln II und III) zur Auffindung des Verhältniſſes der Kraft zur Nutzlaſt mit einander zu vergleichen, kann man $h = h'$ ſetzen, da die Capacitäten der Cylinder unter dieſer Annahme durch a und a′ beſtimmt werden.

Ferner iſt aus der Formel

$$I\ d = \frac{R'}{R\,n} = \frac{a'\ h'}{a\ h\ n},\ \text{alſo}\ d\ h\ a\ n = a'\ h'$$

In Folge dieſer Subſtitutionen iſt, mit Weglaſſung der Kolbenreibung

$$V : E = \left(\log.\ \text{nat.}\ \frac{1}{d}\right) \frac{a'\,h'\,p}{t} : (1 - d) \frac{a'\,h'\,p}{t}$$

$$= \log.\ \text{nat.}\ \frac{1}{d} : 1 - d.$$

Hieraus erhellt, daß bei dieſer Maſchine um ſo mehr an Kraft verloren werde, je mehr die Luft in den Röhren verdünnt wird; denn wenn durch dieſe Verdünnung gleichwohl die Wirkung in den Treibcylindern zunimmt, ſo wird dazu doch ein unverhältnißmäßiger Kraftaufwand in den Pumpcylindern erfordert. Bei einer unendlich großen Verdünnung der Luft in den Röhren würde der Kraftverluſt unendlich groß ſein, d. h. gar keine Wirkung ſtattfinden können, und nur in einer unendlich großen Annäherung der Dichtigkeit der Luft zu $d = 1$ würde ein unendlich geringer Kraftverluſt vorhanden ſein.

Auf dieſe Art ergiebt ſich z. B.

$$\text{für } d = \tfrac{1}{20}\ E = \frac{0{,}95}{2{,}99}\ V$$

$$\text{für } d = \tfrac{1}{10}\ E = \frac{0{,}9}{2{,}3}\ V$$

$$\text{für } d = \tfrac{1}{4}\ E = \frac{0{,}75}{1{,}38}\ V$$

$$\text{für } d = \tfrac{1}{2}\ E = \frac{0{,}50}{0{,}69}\ V$$

$$\text{für } d = \tfrac{2}{3}\ E = \frac{0{,}33}{0{,}40}\ V$$

Es dürfte in den meiſten Fällen am zweckmäßigſten ſein, die Dichtigkeit der Luft in den Röhren im Beharrungs-

Digitized by Google

ſtande der Maſchine = $\frac{1}{2}$ zu wählen, bei welcher der Kraftverluſt nur etwa $\frac{3}{7}$ beträgt und hiernach die Dimenſionen der Pump= und Treibcylinder zu beſtimmen. In dieſem Falle wird der Druck der Kolben in den Treibcylindern etwas geringer als die Hälfte des Druckes der Atmoſphäre, folglich brauchen bei nicht zu langſamem Kolbenſpiel, auch für einen bedeutenden Effekt die Cylinder keinen übermäßigen Durchmeſſer bei gleicher Hubhöhe zu haben. Für dieſe Dichtigkeit iſt dann

$$\frac{R'}{R\,n} = \frac{1}{2}$$

Der dieſer Maſchine an ſich nothwendig anklebende Kraftverluſt begründet übrigens, wie ſchon Papin bemerkt, keinen Einwurf gegen ihre nutzloſe Anwendbarkeit. Es kommt nur darauf an, ob mit irgend einer andern Maſchinerie ein ähnlicher Effect mit einer geringeren Schmälerung des Totaleffectes durch die Nebenlaſt hervorgebracht werden könne, was für die meiſten Fälle, in denen dieſe Maſchinerie ihre Anwendung finden kann, zu bezweifeln ſteht. — Da die Größe der Kolbenreibung mit dem größeren Durchmeſſer ſich verhältnißmäßig gegen den Totaleffect vermindert, das Moment der Reibung aber auch mit von der Länge des Kolbenweges in der Sekunde abhängt, ſo iſt es beſſer, den Pumpcylindern größere Durchmeſſer zu geben und die Anzahl der Kolbenhübe = n zu vermindern, oder auch, bei einer größeren Maſchine ſtatt zweier, vier Pumpcylinder aufzuſtellen.

Iſt die Luftdichtigkeit d = $\frac{1}{2}$, ſo ſind bei gleichen Inhalte der Pump= und Treikcylinder nur zwei Hübe in erſterem erforderlich, während ein Hub in den letzteren erfolgt. Bei doppeltem Inhalte der erſteren geſchehen die Hübe in beiden gleichzeitig. Der Widerſtand und die Reibung der Luft in den Röhren ſcheint nach den entſcheidenden Verſuchen von Lehot, Deſormes und Clement ſelbſt auf ſehr bedeutende Strecken ſo gering zu ſein, daß er kaum in Anſchlag zu bringen iſt, zumal wenn die Röhren gehörig weit genommen werden, damit die Geſchwindigkeit der Luft in denſelben nicht zu groß werde. Es muß jedoch immer ein Theil Kraftaufwand auf die Beſchleunigung der Luft in dieſen Röhren gerechnet werden, der jedoch unter jener Vorausſetzung gleichfalls nicht bedeutend iſt.

Digitized by Google

Haben die Treibcylinder 5 Fuß Hubhöhe und 2 Fuß Durchmeſſer, alſo 15,7 Kubikfuß Inhalt, und wechſelt das Kolbenſpiel zehn Mal in der Minute, ſo ſtrömt in der Sekunde $5\frac{1}{4}$ Kubikfuß Luft von atmoſphäriſcher Dichtigkeit in die Röhren aus, die von den Pumpcylindern in derſelben Zeit wieder weggenommen wird. Haben die Röhren 6 Zoll Durchmeſſer, ſo beträgt ſonach in denſelben die Geſchwindigkeit der Luft von der halben Dichtigkeit = 54 Fuß in der Sekunde, wozu der Druck einer Waſſerſäule von noch nicht $\frac{1}{2}$ Zoll Höhe erforderlich iſt. — Hätte dagegen die Communikationsröhre 2 Zoll Durchmeſſer, ſo würde die Geſchwindigkeit der verdünnten Luft in derſelben 480 Fuß in einer Sekunde betragen, wozu der Druck einer Waſſerſäule von beinahe $2\frac{1}{3}$ Fuß erforderlich wäre, welcher die vorhandene Kraft in den Treibcylindern ſchon bedeutend vermindern würde.

Ganz neuerlich wird auf die Wichtigkeit der Kraftübertragung durch Röhren mit Kolben wieder in Heßlers encyklopädiſcher Zeitſchrift des Gewerbsweſens aufmerkſam gemacht, wo es unter Anderem heißt: »Es iſt nichts Ungewöhnliches, daß man mit Vernachläſſigung kräftiger Gefälle Dampfmaſchinen errichtet, weil man trotz des großen Anlage- und Betriebskapitals immer noch wohlfeiler wegkommt, als wenn man die entfernte Kraft durch Feldgeſtänge übertragen würde, weil dann bei den fortwährenden Reparaturen ſehr koſtſpielige, oft auch gefährliche Arbeitsunterbrechungen ſtattfinden. In den Eiſenwerken zu Ulverſtone werden durch Waſſerwerke und Dampfmaſchinen Luftpumpen in Bewegung geſetzt und übertragen die Kraft durch das gebildete Vacuum faſt augenblicklich auf eine Entfernung von einer engliſchen Meile, wo ſich die Pumpen und Förderungsmaſchinen im Gange befinden; in der Hyde Collierie bei Mancheſter findet daſſelbe ſtatt.

8. Luftballons.

Wenn die Luft durch Wärme ausgedehnt oder verdünnt wird, ſo nimmt ſie natürlich einen bedeutend größeren Umfang ein, als ſie in der Kälte hatte, oder ſie vergrößert ihr Volumen und wird ſpecifiſch leichter. Wird nun ſolche verdünnte Luft in für ſie undurchdringliche Hüllen eingeſchloſſen, ſo ſteigt ſie nothwendig ſammt der Hülle in der Atmoſphäre

in die Höhe, wenn die Hülle ſammt der eingeſchloſſenen Luft und allem Zubehör weniger als eine gleiche Ausdehnung atmoſphäriſcher Luft wiegt.

Die Gebrüder Montgolfier, Beſitzer einer Papierfabrik zu Annonay in Frankreich, ließen am 5. Juni 1783 den erſten aus Leinwand verfertigten und mit Papier überzogenen Luftball von 35 Pariſer Fuß im Durchmeſſer und 450 Pfund am Gewichte, und mit noch anderen 400 Pfd. belaſtet, zu einer großen Höhe ſteigen. Der Verſuch wurde am 19. September deſſelben Jahres von Stephan Montgolfier zu Verſailles mit einem Luftballon von 57 Fuß Höhe und 41 Fuß Weite, welcher durch Verbrennen von 85 Pfund Stroh und Wolle ſchnell aufgeſchwellt wurde, mit glücklichem Erfolge wiederholt. Man nennt dieſe Art Luſtballons Montgolſièren, im Gegenſatze zu denen im Jahre 1783 von Charles angegebenen, welche mit Waſſerſtoffgas gefüllt, Charlièren genannt werden, und erſtere jetzt verdrängt haben.

9. Conſervation im luftleeren Raume.

Wenn von animaliſchen und vegetabiliſchen Körpern, welche längere Zeit im unverdorbenen Zuſtande aufbewahrt werden ſollen, die Luft möglichſt vollſtändig abgehalten wird, ſo wird dieſer Zweck ſo vollkommen erreicht wie auf keine andere Weiſe; berühmt iſt deßhalb die ſogenannte Appert'ſche Aufbewahrungsmethode geworden, welche ſich hierauf gründet. Wenn organiſchen lebloſen Körpern der Zugang der Luft völlig abgeſchnitten iſt, ſo fehlt ihnen die Hauptbedingung, welche zu einer Selbſtentmiſchung oder freiwilligen Zerſetzung erforderlich iſt. Beim Niederreißen einer Kapelle am Lago Maggiore fand man Eier ſeit 300 Jahren eingemauert und mit Kalkſpeiſe völlig umgeben, welche ſich ganz wie friſche verhielten, was nur dem völligen Abſchluß der Luft zugeſchrieben werden kann.

Ein ziemlich bekanntes Mittel, Speiſen durch Abhaltung der Luft aufzubewahren, iſt folgendes: Man füllt die aufzubewahrenden Subſtanzen, z. B. grüne Erbſen ꝛc., in Glasflaſchen, ſtellt dieſe in einen mit Waſſer gefüllten Keſſel und kocht hierauf einige Zeit. Die Flaſchen ſind ſo geſtellt, daß ihre Mündung über den Waſſerſpiegel hervorragt, wodurch bewirkt wird, daß der größte Theil der Luft wäh-

Digitized by Google

rend des Kochens entfernt wird. Alsdann, noch während des Kochens, werden die Flaſchen mit einem zuvor ſchon eingepaßten Stöpſel verſchloſſen, in Folge deſſen die äußere Luft nach dem Erkalten nicht wieder hinzutreten kann. Zweckmäßig iſt es, nach dem Herausnehmen die Mündung der Flaſche mit Blaſe dicht zu umbinden, oder in eine Miſchung aus Harz und Wachs zu tauchen.

Das berühmt gewordene Verfahren von Appert, Fleiſch, Fiſche, Gemüſe, Suppen ꝛc. Jahre lang aufzubewahren, und welches beiläufig ſchon oben erwähnt wurde, beſteht in Folgendem: Man füllt die zu conſervirenden Subſtanzen in luftdichte blechene verlöthete Büchſen und erhitzt dieſelben mehrere Stunden lang in kochendem Waſſer. Hierbei nimmt man entweder mit Liebig an, daß während des Kochens die kleine Menge Sauerſtoff der eingeſchloſſenen Luft von der organiſchen Materie aufgenommen wird, ohne bei dieſer Hitze ein Ferment bilden zu können, oder mit Schwann, daß die mikroſkopiſchen Weſen, welche die Zerſetzung einleiten, durch die Hitze getödtet werden.

Der Erwähnung werth iſt bei dieſer Veranlaſſung die in Edinburg errichtete ungeheure Speiſenfabrik von Gillon u. Comp. Sie befindet ſich in einem mächtigen Gebäude, deſſen unterſtes Stockwerk aus einer fortlaufenden Reihe koloſſaler Küchen beſteht, aus denen Broden und Dampf durch geſchickt angebrachte Ventilatoren beſtändig abzieht. Neun Keſſel, jeder zu 400 Quart Inhalt, ſind ſtets mit Rindsklauen zu Suppen gefüllt, wovon 20 verſchiedene Sorten angefertigt werden, worunter die berühmte Schildkröten- und die nicht zu verachtende Ochſenſchwanzſuppe, die Geſammtliſte der producirten Gerichte zählt 90 Nummern. Es ſind in der Anſtalt 30 Klempner mit 10 Lehrlingen beſchäftigt, die Blechbüchſen zur Aufnahme der Speiſen anzufertigen und zu verſchließen. Es werden täglich zwiſchen 500 bis 1000 Büchſen gefüllt und ein einziger Schiffsrheder in Liverpool bezieht monatlich zwiſchen 5- bis 10,000 Büchſen, im Werth von 500 bis 1000 Pfund Sterling.

Anders kann man den Luftdruck auch noch zur Conſervation z. B. des Fleiſches benutzen, wenn man dadurch die Infiltration der Salzlauge erleichtert und folglich an letzterer erſpart. Es kann dieſes geſchehen, indem man in dem Ge-

Digitized by Google

fäße die Luft auspumpt, und den atmoſphäriſchen Druck wirken läßt; oder dadurch, daß man comprimirte Luft oder den hydroſtatiſchen Druck anwendet, worüber die folgenden Artikel Auskunft geben.

10. Benutzung des Luftdrucks und der Luftverdünnung bei Krankheiten.

Die polyt. Zeitung von 1840., S. 55 macht hierüber folgende Mittheilung. Die franzöſiſche Akademie hat kürzlich Bericht über Junod's Verſuche deßhalb abgeſtattet. Junod iſt indeſſen nicht der Erſte, der hierauf aufmerkſam macht, denn ſeine erſten Verſuche datiren ſich vom Jahre 1828, und bereits 1824 machte J. C. Leuchs in einer nach Harlem geſandten Abhandlung, die 1826 in Nürnberg unter dem Titel: »Anleitung zur Benutzung des luftleeren Raumes und des Luftdrucks in den Gewerben« erſchien, darauf aufmerkſam. Es heißt darin Seite 32: »Zum Schluſſe ſei es mir noch erlaubt, einer mediciniſchen Benutzung des luftleeren Raumes zu gedenken. Man könnte nämlich Gefäße mit Lederrand feſt auf die Haut drücken, in ihnen die Luft verdünnen oder auspumpen, und dadurch a) Geſchwüre und Ausſchlagskrankheiten zur ſchnellen Entwickelung bringen oder ganz heilen, vielleicht auch podagraiſche Uebel verhüten; b) Wunden, Krebs und andere Uebel, bei denen der Sauerſtoff der Luft ſchädlich wird, leichter heilen; c) wenn das Gall'ſche Schädelſyſtem ſeine Richtigkeit hat, die Entwicklung gewiſſer Organe, die man zugleich durch geiſtige Anregung zu befördern ſuchte, auch mediciniſch befördern.«

»Daß alle dieſe Mittel nicht ohne bedeutenden Nutzen wären, zeigt ſchon der bemerkte Einfluß des verſchiedenen Luftdrucks auf Krankheiten und geiſtige Entwickelung. Man hat häufig die größeren Geiſtesfähigkeiten der Bergbewohner, der Einwohner Madrids u. ſ. w., das leichte Heilen gewiſſer Krankheiten in hochliegenden Gegenden in der verdünnten Luft daſelbſt zugeſchrieben.«

Junod begann damit, eines ſeiner Zimmer luftdicht zu machen, und durch allmähliches Auspumpen die Luft darin ſo zu verdünnen, daß das Barometer eine größere Verminderung des Luftdrucks angab, als Gay-Luſſac und Sauſſure beim Erſteigen des Montblanc zu erdulden hat-

Digitized by Google

ten. Er ſtudirte nun ſämmtliche phyſiologiſche Vorgänge, und wies zuerſt die rein mechaniſche Wirkung des verminderten Luftdrucks auf den menſchlichen Körper beim Erſteigen von großen Höhen nach — Erſcheinungen, welche man früher theilweiſe der größeren Trockenheit und der Elektricität der Luft zuſchrieb. Von dieſen Verſuchen ging er zur Anwendung des verminderten und vermehrten Luftdrucks in der Medicin über und gebrauchte nunmehr große Metallröhren, welche an dem einen offenen Ende eine Vorrichtung aus Kautſchuk haben, welche ſich dem Theile des menſchlichen Körpers, der in die Röhre kommt, genau anſchließt. Es ſind bald bloß die Arme, die Füße, bald die untere Hälfte des Leibes, welche in den durch die angebrachte Pumpe faſt luftleer gemachten Raum kommen. Merkwürdig ſind die Folgen. Ein großer Theil des im Körper befindlichen Blutes wendet ſich gegen genannte Theile und verläßt ſomit von der Krankheit bedrohte Körperregionen. Sämmtliche blutführende Gefäße ſtrotzen, der Theil röthet ſich, ſchwillt oft um mehrere Zolle, — es kommt zur vermehrten Wärmeentwickelung und Schweißbildung.

Damit experimentirte er im Hotel-Dieu zur Zeit der Cholera, damit heilte er Schlagflüſſe, Lähmungen, Rheumatismen, Krankheiten der Ohren, Augen, der hartnäckigſten Art, z. B. den ſchwarzen Staar. Wirklich hat auch die Medicin nicht leicht ein energiſcheres Mittel an der Hand; aber immer ward dem Erfinder die Gefahr entgegengeſetzt, welche in dem Hin- und Herſchwanken einer ſolchen Blutmaſſe beſteht, — denn die Vorrichtung läßt durch Hineinpumpen der Luft auch vermehrten Luftdruck zu, was nöthig wird, wenn, was öfter der Fall iſt, während der Application Ohnmachten entſtehen. Das Blut ſtrömt dann wieder zurück in Folge des Druckes, der auf den Körpertheil überall gleich vertheilt, ausgeübt wird, was in der Medicin bis jetzt noch Problem war.

11. Filtriren unter Anwendung des luftverdünnten Raumes.

Profeſſor Kaſtner ſagt über die ſogenannte Filtrir- oder Seihpumpe Folgendes: Es iſt bekannt, daß man Queckſilber oder geſchmolzene Injectionsmaſſe mittelſt beſonders dazu eingerichteter Recipienten in anatomiſche Präparate, mit Hülfe des ungleichen Luftdrucks ſpritzt, indem man die Luft

Digitized by Google

in den Präparaten und um dieſelben durch Auspumpen verdünnt, während man von oben her flüſſige Einſpritzmaſſe und darüber die äußere, unverdünnte Luft laſten und drücken läßt; man weiß ferner, daß Merkur, Waſſer und mehrere tropfbare Flüſſigkeiten durch hölzerne Schaalen in Geſtalt eines feinen Regens getrieben werden können (ſ. oben), wenn man unterhalb der Schaale in dem oben offenen, während des Verſuches aber durch die Schaale geſchloſſenen Recipienten die Luft verdünnt, indeſſen oben auf das in die Schaale gegoſſene Merkur ꝛc. die äußere Luft drückt, und ich bediene mich ſeit Jahren dieſes Handgriffs, um Merkur von Staub und zufälligem Schmutz ſchnell zu reinigen. Dieſe und ähnliche Verſuche waren es, welche zur Erfindung der Seihpumpe führten. Es iſt nicht bekannt, wer zuerſt den Einfall hatte, jene Verſuche auf die Durchſeihung wäſſeriger, geiſtiger und öliger Flüſſigkeiten anzuwenden; ſo viel kann ich indeſſen verſichern, daß ich auch zu denen gehöre, die von ſelbſt auf ſeine Anwendung verfielen.

Es war im Sommer 1814, als ich in London in einer dortigen Zuckerſiederei und ſpäterhin beim Beſuche einer chemiſchen Fabrik zu Batterſea den Wunſch äußerte, daß man obigen Verſuch auf die Durchſeihung langſam durchlaufender Flüſſigkeiten anwenden möchte, wobei man eine gewöhnliche Saugpumpe ſtatt der theuren Luftpumpe benutzen könne. Spannt man ein Seihtuch über ein cylindriſches ſtarkes Glas, welches an der Seite unterhalb des Tuches durchbohrt und mit einer aufwärts gebogenen Röhre verbunden iſt, in welche die Mündung einer zinnenen Spritze luftdicht eingreift, ſo kann man das Durchlaufen der auf dem Seihetuche laſtenden tropfbaren Flüſſigkeit durch einen Spritzenzug (durch einmaliges Anziehen des Spritzenkolbens) auffallend beſchleunigen.

Wählt man ſtatt des Glaſes einen metallenen Keſſel und ſtatt der Spritze eine gewöhnliche Saugpumpe, und wartet man mit dem Pumpen ſo lange, bis unten, unfern der Röhre ſchon etwas tropfbare Flüſſigkeit durchgelaufen iſt, oder preßt man zuvor ſo viel reines Waſſer in den Keſſel, daß beim Pumpen dieſes von der Pumpe aufgeſogen werden kann, ſo wird man beim fortgeſetzten Pumpen ſowohl das Durchlaufen der Flüſſigkeit durch ein Seihtuch beſchleunigen, als auch dieſes gleich aus dem Keſſel mittelſt der

Digitized by Google

Pumpe, entfernen und dort hinführen können, wohin man es geleitet zu haben wünſcht. Der Keſſel darf in dieſem Falle aber nicht von einem hölzernen Kübel oder Faſſe vertreten werden, weil dieſes zu porös iſt, und ſelbſt als Seihzeug wirkt, indem es bei jedem Pumpenzuge Luft durchläßt; auch muß die Pumpe aus gleichen Gründen ſelbſt ſehr ſtark und ihre Stiefel am beſten metallen ſein.

Vorrichtungen dieſer Art haben indeſſen ſtets große Unbequemlichkeiten, theils indem ſie mehr oder weniger koſtſpielig werden, theils, weil ſie unausgeſetztes Nachfüllen der Flüſſigkeit auf dem Seihzeuge erheiſchen, weil ſonſt ſehr bald ſtatt der durchzuſeihenden Flüſſigkeit die äußere Luft ſelbſt nachfließen und dadurch die Wirkung der Pumpe in Abſicht auf Luftverdünnung ganz und gar aufheben würde; theils auch wegen des großen Kraftaufwandes, der erfordert wird, die Kolbenſtange der Pumpe, der Gewalt des äußeren, auf dem oberen Theile der Stange laſtenden Luftdruckes entgegen, in die Höhe zu heben. Dieſe durch eigene Verſuche in Erfahrung gebrachten Nachtheile veranlaßten die Ausmittelung der folgenden Vorrichtung.

Man läßt kreisförmige Reifen oder Rahmen verfertigen, welche als genau paſſende Ringe, nachdem ſie zuvor mit Filz, Flanell oder irgend einem anderen zu wählenden haltbaren Seihzeuge überſpannt worden ſind, auf den unteren, offenen Rand des Stiefels der Pumpe, unterhalb des Pumpenventils geſchoben werden; man ſtellt darauf die Handpumpe möglichſt feſt in das Faß oder in die Kufe mit der durchzuſeihenden Flüſſigkeit, wartet einige Minuten, bis durch die eigene Laſt der Pumpe und durch den Druck der Flüſſigkeit, dieſe von ſelbſt durch das Seihzeug durchgedrungen iſt, und fängt nun an zu pumpen. Will man dieſe Zeitfriſt noch verkürzen und zugleich dem Ventile die volle Wirkſamkeit verſchaffen, ſo wird man zuvor oben in die Pumpe etwas auf gewöhnliche Weiſe ſchon durchgeſeihte Flüſſigkeit, oder wenn dieſe es erlaubt, etwas reines Waſſer zu gießen haben. Indem man nun die Flüſſigkeit aus dem Faſſe in ein anderes Gefäß pumpt, nöthigt man ſie, das Seihzeug zu durchſteigen, was mittelſt des von außen her auf die Flüſſigkeit laſtenden Luftdruckes eingeleitet und möglichſt gleichförmig unterhalten wird.

Digitized by Google

Statt des einfachen Seihzeuges kann man auch mehrere über einander ſpannen, ſo daß z. B. zwiſchen je zwei nicht zu dicke Lagen von ausgekochtem Kohlenpulver und Sand, Sand und ausgekochte Sägeſpäne, gepulvertes Glas ꝛc. kommen, und alſo abgeändert zur Reinigung des Waſſers, Oels, zur Durchſeihung trüben Weins, Biers, Eſſigs ꝛc. und ſelbſt zur Ausziehung gepulverter Rinden anwenden. Wie bei jeder anderen Filtrirmethode hat man zuvörderſt auf die Natur der Flüſſigkeit und auf den Zweck, weßhalb ſie filtrirt wird, Rückſicht zu nehmen. Meiſtens hat er den Zweck, aus der Flüſſigkeit fremde, ſie verunreinigende, leichte und deßhalb darin ſchwimmende, ſich nicht abſetzende Körper abzuſcheiden, indem ſchwere ſich bis zum völligen Klarwerden der Flüſſigkeit in Folge ihres größeren ſpecifiſchen Gewichts von ſelbſt abſetzen. Dieſe Körper nun bleiben auf dem Seihzeuge, welches nur die Flüſſigkeit durchläßt, zurück, und wenn erſtere ſehr fein oder von zuſammenhängender gelatinöſer, klebriger Beſchaffenheit ſind, verſtopfen ſie das Filter ſehr bald, in welchem Falle dieſes mit einem andern vertauſcht und das verſtopfte, wenn es angeht, gereinigt werden muß.

In Rückſicht nun auf dieſe Umſtände, kann man das eben beſchriebene Verfahren auch dahin abändern, daß man zwei, nach Art der nachher zu beſchreibenden Preſſe von Rommershauſen neben einander ſtellt, luftdicht verbindet und in dem erſteren das Filter anbringt. Soll die Flüſſigkeit eine länger anhaltende Paſſage durch poröſe Körper, als Baumwolle, Werg, Kohlen, geſtoßene Oelkuchen machen, ſo müßte Kaſtner's Verfahren jedenfalls dahin abgeändert werden, oder man müßte wenigſtens das Saugrohr, vermittelſt einer horizontalen Nebenröhre mit einem luftdicht verſchloſſenen Kaſten in Verbindung bringen, in welchem ſich jene lockeren Körper befänden, und auf dieſem Kaſten erſt die Pumpe anbringen.

Beiläufig mag noch das neuerlich ſehr in Aufnahme gekommene Filtrirverfahren mittelſt hydroſtatiſchen Druckes erwähnt werden, welches eigentlich weniger hieher gehört, bei dem aber auch gleichzeitig die Luftverdünnung mit Vortheil angewendet werden kann. In Fig. 3. Taf. VI. iſt die zu dieſem Zwecke dienende Vorrichtung abgebildet, welche man nicht allein zum Filtriren, ſondern auch zum Extrahi-

Digitized by Google

ren anwenden kann und deßhalb auch Real's Extractions-Preſſe genannt wird. Angenommen, die zu filtrirende Flüſſigkeit ſei mit Schwefelſäure und Salzwaſſer raffinirtes, noch trübes Oel, ſo gießt man es beim Verſchloſſenhalten des Hahns c in den Kaſten a, während man in den Behälter B, zwiſchen zweien Stellböden d d das Filter anbringt. Dieſes kann aus Flanell oder Filz, auch Baumwolle, Oelkuchenmehl u. ſ. w. beſtehen. Oeffnet man nun den Hahn c, ſo wird das Oel vermittelſt des hydroſtatiſchen Druckes, welchen die Flüſſigkeitsſäule b ausübt, kräftig durch das Filter von unten nach oben getrieben und ſammelt ſich oberhalb des Filters in dem Raume e, woraus es durch den Hahn abgelaſſen werden kann. Der Kaſten a muß voll erhalten werden, indem der Druck aufhört, ſobald die Flüſſigkeitsſäule mit der Oberfläche des Filters im gleichen Niveau ſich befindet, weßhalb ſich dieſe Vorrichtung zum Filtriren geringer Flüſſigkeitsmengen weniger eignet. Will man dieſelbe zum Extrahiren anwenden, ſo kommt in den Raum d d der zu extrahirende Körper, und in den Kaſten a diejenige Flüſſigkeit, Waſſer, Branntwein, Weingeiſt ꝛc., welche die löslichen Theile aufnehmen ſoll. Man kann auf dieſe Weiſe z. B. ſehr leicht Malz- und Hopfenextract bereiten.

Nach denſelben Geſetzen, welche bei hydroſtatiſchen Preſſen Anwendung finden, leidet hierbei die Oberfläche der Filtrirvorrichtung d d einen Druck von unten nach oben, der gleich iſt dem Gewichte einer Flüſſigkeitsſäule von der Höhe der Röhre b und einer der Filtrirvorrichtung gleichen Grundfläche, wobei übrigens der Durchmeſſer der Röhre b nicht in Betracht kommt. Wird der Druck der Säule b noch dadurch vermehrt, daß man einen Kolben darauf drücken läßt, ſo wird die Wirkung noch bedeutend verſtärkt, beſonders wenn man an dem Kolben noch einen Hebel Fig. 4. anbringt. Man hat in dieſem Falle die Preſſe des Engländers Bramah. Anders kann man den Effect noch verſtärken, wenn man aus dem Raume e über dem Filter die Luft auspumpt.

12. Rommershauſen's Luftpreſſe oder Extractionspreſſe.

Dieſelbe iſt von Dr. Rommershauſen erfunden und hat folgende Einrichtung. Zwei hohle, metallene (im Klei-

Digitized by Google

nen blechene oder zinnene) Cylinder a und b, Fig. 2. Taf. VI., ſtehen etwa in einer Entfernung von $1\frac{1}{2}$ Zoll neben einander. Durch eine meſſingene, mit einem Hahn verſchließbare Röhre e ſind ſie mit einander in Verbindung gebracht. Bei d, etwas über der Seitenröhre e, iſt inwendig an die Wand des Cylinders b ein Ring feſtgelöthet, der kegelförmig ausgehöhlt iſt, und in dieſe kegelförmige Höhlung paßt der eben ſo kegelförmige Rand eines ſiebförmigen Bodens, der mittelſt eines umlegbaren Griffes von Draht leicht an ſeine Stelle gelegt oder herausgehoben werden kann.

In der Achſe des zweiten Cylinders a befindet ſich eine metallene Pumpe, wie eine gewöhnliche Saug- oder Brunnenpumpe eingerichtet, nämlich unten in der Röhre mit einem aufwärts ſich öffnenden Ventile und in dem Kolben gleichfalls mit einem Ventile, das von unten nach oben aufgeht. Unten iſt die in der Figur punktirt angedeutete Röhre offen, damit das Waſſer, welches man durch eine Oeffnung oben in einer Decke g des Cylinders a in denſelben eingießt, in die Röhre eindringen könne. Die Kolbenſtange hat zum Betriebe oben einen Handgriff c. Bei einer Conſtruktion im großen Maßſtabe iſt die Pumpe natürlich, wie jede größere Pumpe, mit einem Hebel zu verſehen.

Wenn nun die Maſchine gehörig zugerichtet, auf das Sieb a die zu extrahirenden Materien gelegt, ſo wie mit Waſſer begoſſen, der Hahn d geöffnet, der Hahn f geſchloſſen iſt, und man den Pumpenkolben an dem Griffe c in die Höhe zieht, ſo entſteht unter ihm der gewöhnliche luftleere Raum, der ſogleich nicht bloß mit Waſſer, ſondern auch mit einem Theile der unter d befindlichen Luft, welche ſich von da durch e hinwegbegiebt, ausgefüllt wird. Stößt man dann den Kolben nieder, ſo drückt man das unter dem Kolben befindliche Waſſer, nebſt der dabei enthaltenen Luft zu der Ventilöffnung des Kolbens heraus, das Waſſer fällt auf die Decke g und durch das Loch derſelben zurück in den Cylinder, die mit herausgeſtoßene Luft aber verbreitet ſich in der Atmoſphäre.

Setzt man das Auf- und Niederziehen des Kolbens ſchnell hinter einander fort, ſo entwiſcht unter d hinweg bald ſo viel Luft, daß die übrig bleibende verdünnt genug iſt, um der äußeren auf d drückenden Luft das Uebergewicht zu

Digitized by Google

verſtatten, wodurch die beabſichtigte Wirkung bald erfolgt. Durch Oeffnung des Hahns f zieht man den Extract ab. In der Seitenwand unter d iſt gewöhnlich ein kleines, durch einen meſſingenen Stöpfel verſchließbares Loch, durch deſſen Oeffnung wieder Luft unter d eindringt. Daß man dieſe Vorrichtung auch zum Filtriren benutzen könne, iſt ſchon oben erwähnt und leicht erſichtlich.

Uebrigens kann man dieſe, wie die im vorigen Artikel beſchriebene Vorrichtung nicht allein zum Extrahiren von Pflanzenſtoffen, ſondern auch von Salpetererde, Alaunerde, Aſche ꝛc. verwenden, um ſolche leicht und vollkommen auszulaugen.

13. Anwendung des luftverdünnten Raumes in Druckereien und Papierfabriken.

Daß man auf eine angemeſſene Weiſe unter Mitwirkung des Luftdruckes Papier wird ſehr gleichmäßig durchfeuchten können, iſt einleuchtend. Bei dem Gebrauche der Schnellpreſſe reichte die alte Weiſe, das Druckpapier anzufeuchten, nicht mehr aus, da es zu viel Zeit erfordert. Es mußte daher ein Mittel erſonnen werden, unter Erſparung an Zeit und Raum das Anfeuchten zu vollbringen. Man nahm daher zum Luftdruck ſeine Zuflucht und wendete einen Apparat von folgender Conſtruction an.

Das Papier wird in einen luftdichten Kaſten von vorne eingelegt und zwiſchen je 5 Buch dünne, fein gelochte Metallplatten gelagert. Iſt der Kaſten gefüllt, ſo wird die Seitenöffnung mit einer Platte luftdicht verſchloſſen und vermittelſt einer Luftpumpe, welche durch den Deckel mit dem Kaſten communicirt, ein luftverdünnter Raum erzeugt. So wie nun die Luft hinlänglich verdünnt worden, wird ein Rohr im Boden des Kaſtens, welches in ein Faß voll Waſſer eintaucht, geöffnet. Sogleich ſtürzt das Waſſer in den Kaſten, erfüllt den Raum und dringt in die Poren des Papiers ein. Um den Effect noch zu vermehren, kann man dann die Pumpe auch noch als Druckpumpe benutzen und dadurch Waſſer in den Kaſten hineinpreſſen.

Auf eine gleiche Weiſe wird auch Papier geleimt, und zwar nicht bloß oberflächlich, ſondern durch und durch.

Auch die Drahtcylinder bei Maſchinen zur Darſtellung von Papier ohne Ende ſoll man mehrfach mit Luftpumpen

Digitized by Google

verbunden haben (Bernoulli), um die Luft darin ſtets zu verdünnen. Es hat dieſes zur Folge, daß die äußere Luft auf die weiche naſſe Papiermaſſe gleichförmig drückt, und ſo dieſelbe zu einem dichten und feſten Blatte macht.

14. Zum vollſtändigen Auswaſchen gebleichter Zeuge.

Garne und Gewebe, welche behufs des Bleichens mit Lauge gekocht, oder mit Chlorflüſſigkeit behandelt wurden, können nach dem Ablaſſen dieſer Flüſſigkeiten, ohne ſie aus dem Gefäße zu nehmen, am vollſtändigſten ausgewaſchen werden, wenn man ſich des im vorſtehenden Artikel angegebenen Verfahrens bedient.

15. Die Fabrikation des Bandanos.

Mit dieſem Namen belegt man aus Oſtindien kommende Taſchentücher, bei welchen weiße oder hellfarbige Muſter auf krapprothem Grunde erzeugt werden, und die ſchon ſeit undenklichen Zeiten in Indien auf die Art ausgeübt zu werden ſcheint, daß man gewiſſe Stellen der Zeuge, die weiß bleiben ſollen, mit Bindfaden ſehr feſt zuſammenbindet und nun das Ganze ausfärbt, wobei denn die Farbebrühe in die gebundenen Stellen nicht eindringen kann und dieſe alſo weiß läßt. Dieſes Verfahren iſt ſpäter in Europa weiter ausgebildet worden und macht gegenwärtig einen eigenen Zweig der Kattundruckerei aus, der mit mechaniſchen und chemiſchen Hülfsmitteln aller Art zu einem hohen Grade von Vollkommenheit gelangt iſt und die indiſchen Erzeugniſſe weit übertrifft.

Die Muſter oder Figuren werden nach dem in Europa jetzt ausgebildeten Verfahren auf eine Weiſe hervorgebracht, welche mit dem längſt bekannten Golgasdruck auf Wollenwaaren viele Aehnlichkeit haben; es muß dabei das Roth der Tücher topiſch ausgebeizt werden, um eine andere Farbe auf deſſen Stelle aufzuſetzen. Zu dieſem Ende werden eine Anzahl Tücher zwiſchen ausgeſchnittenen Bleiplatten vermittelſt einer hydrauliſchen Preſſe gepreßt und durch die Oeffnungen der Platte die Beize, eine mit etwas Schwefelſäure verſetzte Auflöſung von Chlorkalk, vermittelſt des Luftdrucks hineingetrieben, wozu das Verfahren aus den bisherigen Angaben leicht abzuleiten iſt. So wie dieſes geſchehen, und die rothe Farbe durch die Beize zerſtört worden iſt, läßt

Digitized by Google

man auf gleiche Weiſe Waſſer hindurch, um die Beizflüſſigkeit vollſtändig hinweg zu ſpülen, damit nicht beim Lüften der Preſſe die Flüſſigkeit weiter um ſich greife und der Schärfe des Muſters ſchade.

Eben ſo kann man gleich nach dem Spülen, ohne die Preſſe zu lüften, die weiß gewordenen Stellen gelb färben, indem man eine Löſung von eſſigſaurem Blei hindurchtreibt, und darauf eine Löſung von chromſaurem Kali folgen läßt, wodurch in den Poren des Zeuges chromſaures Bleioxyd gebildet wird. Solche Preſſen heißen **discharging presses.**

16. Anwendung des Luftdrucks in Zuckerraffinerien.

Iſt Rohzucker ſtark gefärbt, ſchmierig, fett, ſo unterzieht man denſelben vor dem Auflöſen und Klären einer beſonderen Vorbereitung, dem Schmelzen. Man rührt denſelben mit wenig Waſſer an, läßt ihn bei gelinder Wärme zergehen, kühlt und füllt ihn ſodann auf Formen, worauf die Melaſſe zum größten Theil abläuft.

Statt des Schmelzens lehrte Hague vor etwa 20 Jahren den angefeuchteten Zucker über einer fein gelochten Platte ausbreiten und unter derſelben einen luftleeren Raum erzeugen, wodurch die Melaſſe abfließt. In gleicher Art kann auch das Abfließen des Syrups aus den Zuckerbroden bei dem ſogenannten Decken befördert werden. Man ſetzt die Formen mit ihren Spitzen in die mit Kautſchuk gedichteten Löcher eines luftdicht geſchloſſenen Syrupbehälters, und verbindet letztern mit der Luftpumpe. Die Dichtung mittelſt Federharz ſoll bewirken, daß die ungleich geſtalteten Formen feſt an die Löcher anſchließen. Wird nun Deckſyrup auf die Brode gegeben, ſo drückt der Luftdruck die Flüſſigkeit durch die Zuckerbrode hindurch und befördert die Operation bedeutend.

17. Das Färben im luftverdünnten Raume.

Die Färbekunſt hat zum Zwecke, die zu färbenden Körper dergeſtalt mit Farbeſtoffen zu imprägniren, daß letztere weder durch den Gebrauch, noch durch Färben und Waſchen von den gefärbten Körpern getrennt werden. Um dieſes zu ermöglichen, muß in den Poren der zu färbenden Körper der bezweckte farbige Niederſchlag erzeugt werden, weßhalb man pulverförmige unlösbare Farbeſtoffe zum Färben nicht

Digitized by Google

gebrauchen kann, weil dieſe ſich dem Zeuge nur mechaniſch anhängen und nachher leicht abfallen würden. Man bedient ſich daher faſt immer zweier Körper zum Färben, eines Salzes und eines Farbeſtoffes, welche zuſammen einen farbigen Niederſchlag in den Poren des Zeuges oder des zu färbenden Körpers überhaupt bilden. Nur bei ſubſtantiven Farben genügt es, dieſe allein ohne Mitwirkung eines Metallſalzes zu benutzen, weil dieſe ſchon durch den Sauerſtoff der Luft aus dem auflöslichen Zuſtande in den unauflöslichen pulverförmigen übergeführt werden, wie es z. B. mit dem Indigo der Fall iſt.

Nun enthalten faſt ſämmtliche Faſerſtoffe, die zu Zeugen ꝛc. benutzt werden, im Inneren eine der Länge nach fortlaufende hohle Röhre, die entweder von Natur, wie bei Schafwolle, oder doch durch die nachherige Verarbeitung zu Garnen oder Geweben an einem Ende geſchloſſen ſind. — Dieſe nun werden zwar durchs Erwärmen des Farbebades erweitert, allein es iſt einleuchtend, daß die in Folge deſſen eindringende Färbebrühe die Luft in dieſen Röhren nur zuſammendrängt, weil ſie an dem andern Ende der Luft keinen Abzug geſtatten. Es liegt daher auf der Hand, daß die Farbe nicht ſo vollkommen eindringen, oder mit andern Worten, daß nicht ſo ſchön und echt auf dieſem Wege gefärbt werden kann, als wenn man zuvor die Luft aus den zu färbenden Stoffen entfernte. Einen Beleg für das Geſagte liefert alles im Stücke gefärbte wollene Tuch, welches ſtets einen mehr oder weniger deutlich erkennbaren weißen Schnitt hat. Dieſes iſt vorzüglich darin begründet, daß die Haarröhrchen der Wolle durch die vielfachen Verſchlingungen bei der Verarbeitung zu Tuch, dem Zugange der Farbebrühe ungleich größere Hinderniſſe entgegenſtellen als bloße Wolle. Es iſt anzunehmen, daß im Stücke gefärbtes Tuch viel beſſer ausfallen würde, wenn man ſich dabei des luftleeren Raumes bediente. Aber nicht allein bei dieſem, ſondern auch bei allen übrigen zu färbenden Stoffen würde ſich ohne Frage ein ungleich günſtigeres Reſultat herausſtellen, wenn man ſolchen vorher die in ihren Poren enthaltene Luft auszöge.

Das Verfahren hierzu iſt ziemlich einfach und für den rationellen Arbeiter leicht aus den bisherigen Angaben abzuleiten. Man ſtelle z. B. zwei Keſſel neben einander, von

Digitized by Google

denen der, welcher die zu färbende Waare aufnimmt, luftdicht verſchließbar iſt, und verbinde ſolche mittelſt einer Röhre, die durch einen Hahn verſchließbar iſt. Während man in dem zweiten Keſſel das Farbebad bereitet, pumpt man vermittelſt einer Saugpumpe aus erſterem die Luft aus, öffnet dann den Hahn der Verbindungsröhre, worauf die Farbebrühe herzuſtrömt und die luftleeren Poren der zu färbenden Gegenſtände gleichmäßig und vollſtändig durchdringt.

Was den Koſtenpunkt dieſes Verfahrens, gegenüber dem gewöhnlichen, anlangt, ſo läßt ſich annehmen, daß der Vortheil ſich auf Seite des neuen neigen wird, indem dabei ohne Zweifel das bisher, namentlich bei Wolle, erforderlich geweſene längere Kochen in der Beize ſowohl als im Farbebade als unnöthig erſcheinen dürfte, wenn man natürlich gleich das Farbebad in einem der zu erzielenden Farbe angemeſſenen Concentrationsgrade anwendet. Daß hierbei aber bedeutend an Brennmaterial geſpart werden würde, iſt einleuchtend genug, um zu der Annahme zu berechtigen, daß das Färben im luftverdünnten Raume die Koſten des Farbenproceſſes nicht vermehrt, ſondern im Gegentheil vermindert.

18. Vortheile der Luftverdünnung bei Imprägnationen.

Schon oben ſind die Vortheile der Luftverdünnung beim Anfeuchten und Leimen des Papiers ausführlich nachgewieſen und dadurch der Beweis geliefert, daß die Anwendung der Luftleere bei allen Imprägnationen den vorgeſteckten Zweck ungleich vollkommner erreichen läßt. Die Körper ſo wie die Flüſſigkeiten, mit denen ſie geſchwängert werden ſollen, mögen übrigens ſein, welcher Art ſie wollen, immer werden die Vortheile der Luftverdünnung dieſelben bleiben.

Bei der Conſervation des Holzes, oder beim Schwängern deſſelben mit conſervirenden Salzlöſungen, beim Einſalzen, Einfetten, kurz bei allen hierher gehörenden Operationen wird es ſich in gleichem Grade zweckmäßig erweiſen.

19. Beſchleunigung des Gerbeproceſſes durch Luftverdünnung.

Die Anwendung des luftverdünnten Raumes zur Beſchleunigung des Gerbproceſſes iſt zuerſt von Knowlys und Duesbury empfohlen, wahrſcheinlich bisher aber nicht in

Digitized by Google

der empfohlenen Art zur Anwendung gekommen, obgleich die Vortheile derſelben in die Augen ſpringen.

20. Der Centrifugal-Ventilator.

Wird eine Welle, auf welcher Flügel befeſtigt ſind, in einer genau an letztere anſchließenden Trommel in raſchen Umſchwung geſetzt, ſo ſtrömt die Luft von der Mitte, wo die Umſchwungsgeſchwindigkeiten im Minimum, nach der Peripherie der Trommel, wo dieſelbe ein Maximum bildet. Iſt nun an einer Stelle des Mantels eine Oeffnung, ſo wird die Luft durch dieſelbe mit bedeutender Kraft ausgeſtoßen, während durch eine in der Mitte der Trommel einmündende Röhre Luft angeſogen und der Trommel zugeführt wird.

Eine ſolche Vorrichtung wurde 1735 von Deſaguillers unter dem Namen Centrifugal-Ventilator beſchrieben, obſchon ſie bereits längſt bekannt und namentlich zur Beförderung des Wetterwechſels in Gruben angewendet war und Wetterfächer, Wetterrad oder Wettertrommel genannt wurde. Derſelbe iſt auch hin und wieder mit luftdichten Pfannen verbunden worden, um Luft und Dämpfe abzuführen.

21. Der Exhauſtor.

Im Jahre 1794 wendete Montgolfier den vorhin beſchriebenen Centrifugal-Ventilator zur Eindickung von Pflanzenſäften an. Das Verdampfen einer Flüſſigkeit wird nämlich durch Vergrößerung der Oberfläche derſelben, ſo wie durch eine ſtarke Bewegung der Luft weſentlich befördert. Deßhalb ließ derſelbe die zu verdunſtende Flüſſigkeit aus einem Gefäß mit fein gelochtem Boden, in Tropfen zertheilt, herabfließen und ſich über darunter angebrachte Reiſer, herabhängende Bandſtreifen oder Schnüre verbreiten, während ſich ein Luftſtrom in entgegengeſetzter Richtung von unten nach oben bewegte. Dieſen brachte er durch einen Ventilator hervor, welchen er auf den Apparat geſtellt und ſo mit letzterem verbunden hatte, daß er die Luft aus demſelben anſaugen mußte. Er nannte dieſen Apparat Exhauſtor.

22. Anwendung des Centrifugal-Ventilators beim Zubereiten der Baumwolle und als continuirliche Blaſemaſchine.

Der beſchriebene Ventilator iſt im Laufe der Zeit zu

Digitized by Google

mancherlei Zwecken benutzt, z. B. bei den Baumwoll-Schlage- und Reinigungs-Maſchinen, bei Feuerungsanlagen, um den zum raſchen Verbrennen des Brennmaterials nöthigen Zug zu erzeugen. Der in ſehr ſchnellen Umſchwung geſetzte Ventilator ſaugt den Rauch aus der Feuerung und treibt denſelben in den Schornſtein, während friſche Luft, durch den mit glühenden Kohlen bedeckten Roſt einſtrömend, den leeren Raum ausfüllt.

23. Deſſelben Nutzen in Nähnadelfabriken.

Das Schleifen der Nähnadelſchäfte war bisher eine für die Geſundheit der damit beſchäftigten Arbeiter höchſt nachtheilige Manipulation; die feinen Stahl- und Steintheilchen, welche, in der Luft ſchwebend, eingeathmet wurden, erzeugten Lungenknoten und die Leute ſtarben an der Schwindſucht. Um dieſem Uebelſtande abzuhelfen, wurde Mancherlei verſucht, bis ein Mittel gelang.

Der große Schleifſtein wird in eine Trommel eingeſchloſſen, welche vorn in dem Mantel eine kleine Querſpalte hat, hinlänglich weit, damit der Schleifer die Schäfte hindurchſtecken und an den Stein anhalten kann. Ueber der Spalte iſt eine Glastafel in den Mantel der Trommel eingeſetzt, durch welche der Arbeiter nach den Schäften ſehen kann. An der Rückſeite der Trommel führt aus derſelben ein Rohr nach einem Ventilator, welcher die mit Staub geſchwängerte Luft einſaugt und entweder in den Schornſtein oder ins Freie leitet.

Eine ſolche Vorrichtung wurde von dem Fabrikant Paſtor in Burtſcheid bei Aachen im Jahre 1831 eingerichtet und hat ſich vollkommen bewährt, ſo daß ſie in allen Nähnadelfabriken dortiger Gegend eingeführt wurde. Dem Erbauer votirte der Verein zur Beförderung des Gewerbfleißes in Preußen eine goldene Denkmünze und brachte den Apparat durch ſeine Verhandlungen zur öffentlichen Kenntniß.

24. Ueber die Centrifugal-Trockenmaſchine und das Trocknen überhaupt.

Bei manchen Fabrikationen iſt das Trocknen der dargeſtellten Produkte eine der weitläufigſten und langwierigſten Operationen, die wegen der öfters wechſelnden Witterungsverhältniſſe und der davon abhängigen Temperatur und Tro-

Digitized by Google

ckenheit der Luft ſo bedeutenden Schwankungen ausgeſetzt iſt, daß man überall, wo das Trocknen nothwendig beſchleunigt werden muß, darauf eingerichtet iſt, ſolches unter Anwendung künſtlicher Wärme in geſchloſſenen Räumen vornehmen zu können. Das Geſagte beſtätigt ſich beſonders in Kattunfabriken, wo ein und derſelbe Stoff meiſtens mehrmals wieder getrocknet werden muß; auch Bleiweiß- und Farbenfabriken ꝛc. macht das Trocknen ihrer Produkte große Schwierigkeiten.

Man kann das Trocknen oder die Entfernung des Waſſers aus den Körpern auf verſchiedene Weiſe befördern. — Die hierzu dienenden Mittel müſſen nach der Beſchaffenheit des zu trocknenden Körpers verſchieden ſein und laſſen ſich in folgende zuſammenfaſſen:

1) Entziehung durch Waſſer anziehende trockne, meiſtens poröſe Körper.

2) Auspreſſen des übermäßigen Waſſergehaltes.

3) Beförderung deſſelben durch Temperaturerhöhung und beſonders durch ſteten Luftwechſel, wodurch die feuchte Luft ab- und trockne zugeführt wird.

Das Auspreſſen geſchieht unter Rückſicht auf die Beſchaffenheit der Stoffe mit Anwendung einer kräftigen Preſſe, wodurch die Poren der erſteren zuſammengedrückt und die anhängenden Waſſertheilchen entfernt werden. Es iſt bei gewebten Stoffen ſowohl, als bei pulverförmigen anwendbar, letztere müſſen natürlich zuvor mit Leinwand umhüllt werden.

Unter denjenigen Körpern, welche viel Waſſer anſaugen und durch ihre Anwendung keine Koſten verurſachen, empfehlen ſich beſonders friſch gebrannte Ziegel-, oder Barnſteine. Man belegt ſie mit Leinwand, bringt den naſſen Stoff darauf, bedeckt ihn wieder mit Leinen und dieſes abermals mit einer Schicht friſcher Steine. Beſonders hierher gehörig iſt die Beförderung des Trocknens unter Anwendung der Luftverdünnung und dadurch bedingten ſteten Luftwechſels. Dieſe Wirkungen finden ſich vereinigt in der Centrifugaltrockenmaſchine, welche 1836 von Pentzoldt angegeben und in Berlin von Burckhard und Gropius verfertigt werden. Es ſind durchlöcherte Cylinder, in welche die zu trocknende Waare gelegt wird und welche dann 2500 Mal in der Minute umgedreht werden, wobei das Waſſer

Digitized by Google

in 5 bis 10 Minuten ausgetrieben iſt, ſo daß ſie nun in ſehr kurzer Zeit vollkommen trocken werden.

Langton legte luftdichte Kammern an, um in denſelben Holz zu trocknen, namentlich für muſikaliſche Inſtrumente.

25. Ventilatoren.

Bei ſehr vielen induſtriellen Beſchäftigungen der Menſchen entwickeln ſich eine Menge ſchädlicher Luftarten, deren baldige Fortſchaffung nothwendig iſt, wenn die Geſundheit der Arbeiter erhalten werden ſoll. Dieſes findet namentlich ſtatt: in Bergwerken, in den Werkſtätten der Vergolder, in Wollen- und Baumwollenmanufakturen, Laboratorien, ja ſelbſt in ſolchen Räumen, wo eine große Maſſe von Menſchen auf einmal anweſend iſt und durch das Athmen und die Ausdünſtung die Luft verdirbt, wie in Schauſpielhäuſern, Krankenhäuſern.

Außer der Abführung ſchädlicher Gasarten kann dadurch auch nur eine fortwährende Entfernung feuchter und Zuführung trockner Luft bezweckt werden, wie in den Trockenkammern der Kattunfabriken ꝛc. Die Vorrichtungen, wodurch ſich der in Rede ſtehende Zweck erreichen läßt, ſind verſchieden; immer aber wird dabei durch mechaniſche Mittel oder durch Wärme ein luftverdünnter Raum erzeugt, in welchen man die verdorbene Luft einſtrömen läßt, während andererſeits friſche Luft zuſtrömt. Die ausgezeichneten Wirkungen des Centrifugal-Ventilators ſind bereits oben angegeben, und verweiſen wir auf das dort Geſagte zurück.

Der Harzer Wetterſatz iſt eine Luftverdünnungsmaſchine, die wie eine Saugpumpe wirkt. In einem großen, mit Waſſer gefüllten, recht dichten Faſſe geht ein anderes umgekehrtes Faß ſo hinein, daß, wenn es darin auf- und niedergezogen wird, ſein Rand doch nie über die Oberfläche des Waſſers kommt, ſondern vom Waſſer geſperrt bleibt. Der Boden oder eigentlich Deckel dieſes umgekehrten Faſſes enthält ein Ventil, das aufwärts ſich öffnet. Aus der Grube des Bergwerkes hinaus, worin die verdorbene Luft ſich befindet, wird eine geräumige Röhre waſſerdicht durch den Boden des aufrecht ſtehenden Faſſes bis nahe an die Oberfläche des Waſſers geführt. Die oberſte Mündung dieſer Röhre enthält ebenfalls ein aufwärts ſich öffnendes

Digitized by Google

Ventil. Liegt nun der Deckel des umgekehrten Faſſes auf der Waſſeroberfläche, und wird er durch irgend eine Maſchinerie in die Höhe gezogen, ſo entſteht hinter ihm ein großer luftleerer Raum, welcher ſogleich durch die aus der Grube in die Höhe ſteigende verdorbene Luft ausgefüllt wird. Drückt man daſſelbe Faß nieder, ſo drängt ſich dieſe Luft zu dem Ventile des Deckels hinaus. Steht nun die Grube, welche durch ein ſolches Pumpen ihre verdorbene Luft verliert, vermittelſt einer beſonderen Röhre mit der reinen atmoſphäriſchen Luft in Verbindung, ſo dringt dieſe von oben in die luftverdünnte Grube hinein.

In geheizten Trockenräumen muß zur Abführung der feuchten Luft an einer dem Ofen gegenüber liegenden Seite ein Abzugscanal angebracht ſein, welcher über dem Fußboden einmündet, weil, wenn die Abführung an der Decke des Zimmers ſtattfände, nur warme Luft entweichen würde. An die Oeffnung über dem Fuß wird dann ein etwa 1 bis 2 Fuß langer Canal angemauert, dem man dann ſchornſteinförmig einen ſenkrechten aufſetzt. Hierdurch wird, in Folge der oben mehrfach ausgeſprochenen Geſetze, der Luftzug befördert, indem durch die in dem ſenkrechten Canale ſich anſammelnde verdünnte warme Luft, der Gegendruck vermehrt wird, was bei einer bloßen Oeffnung nicht der Fall ſein würde. Iſt der Zug dann noch nicht ſtark genug, ſo muß der Abzugscanal auch noch geheizt werden, oder man kann ihn mit einem Centrifugal-Ventilator in Verbindung bringen.

Soll in einem Keller oder kalten Zimmer A Fig. 7. Taf. V. die Luft gereinigt werden, ſo hat man nur zwei Röhren a b und c d anzubringen. Erſtere wird durch ein Kohlenfeuer, welches auf einem Roſte brennt, erwärmt, und dadurch die in derſelben befindliche Luftſäule verdünnt und ſpecifiſch leichter als die Luftſäule der Röhre c d, welche über dem Boden des Locals einmündet, in Folge deſſen ein continuirlicher Luftzug ſtattfinden wird. Iſt das Lokal ohnehin geheizt, ſo braucht die Röhre a b nicht erwärmt zu werden.

Ein für ſpecielle Fälle, z. B. beim Farbenreiben oder Vergolden ſehr geeigneter Ventilator iſt in Fig. 5. Taf. VI. abgebildet. Ueber dem Farbenſtein f befindet ſich in einer, ungefähr mit dem Kopfe des Arbeiters gleichen Höhe ein

Digitized by Google

Trichter a von Blech. Dieſer Trichter geht von da, wie der Rauchfang über einem Herde, in die Höhe. Von dem Tiſche, worauf der Reibſtein f liegt, iſt der untere Rand jenes Trichters nur ſo weit entfernt, daß der Arbeiter ſeine Arme nach dem Reibſteine ordentlich hinbringen kann. Die eine Seitenwand e des Trichters beſteht aus einer Glastafel, oder enthält noch eine Glasſcheibe, durch welche der Arbeiter auf den Reibſtein ſehen und den Fortgang ſeiner Arbeit beobachten kann. Der Trichter endigt ſich in eine eiſerne, krumm gebogene Röhre b, welche mit einer anderen ähnlichen, aber weiteren eiſernen Röhre c d zuſammenhängt, die einen Ofen bildet. Dieſer Ofen verläuft ſich in eine engere Röhre, welche in die freie Luft ausmündet. Bei o kann man auf einem Roſt Feuer anzünden, wodurch in Folge der dadurch bewirkten Luftverdünnung ein ſteter Luftzug von unten nach oben ſtattfindet und die Farbendünſte genöthigt werden, raſch in dem Trichter hinauf zu ſteigen, ohne ſich nach den Seiten hin ausbreiten zu können. Geht zugleich ein luftdichter Schirm vom Boden des Zimmers an, faſt bis an den Reibſtein, in die Höhe, und hat dieſer Schirm unten am Boden ein Loch, ſo wird auch aus der Stube der Dunſt beſtändig abgeführt und in den Trichter hinauf getrieben.

Nach den bisher aufgeſtellten Grundſätzen laſſen ſich leicht noch eine Anzahl verſchiedener anderer Ventilatoren conſtruiren; auch iſt es erſichtlich, daß ein großer viereckiger Blaſebalg unter Umſtänden mit Vortheil zum Aufſaugen der verdorbenen Luft dienen kann.

26. Von den Gebläſen.

Mit dieſem Namen belegt man mechaniſche Vorrichtungen verſchiedener Art, welche dazu beſtimmt ſind, dem Feuer Luft zuzuführen und ſolches dadurch zu verſtärken, und einen möglichſt hohen Hitzgrad hervorzubringen. Bei allen zu dieſem Zwecke dienenden Apparaten wird durch Zurückziehen eines feſten Körpers und unter Mitwirkung von Ventilen ein luftleerer Raum erzeugt, welcher durch den atmoſphäriſchen Druck wieder ausgefüllt wird, weßhalb dieſelben hieher gehören.

Die vorzüglichſten Gebläſe ſind:

Digitized by Google

1) hölzerne und lederne Blaſebälge, im Großen Balggebläſe;

2) Kaſtengebläſe;

3) Cylindergebläſe;

4) Kettengebläſe, bei denen eine Kette ohne Ende, woran roſenkranzartig, in gewiſſen Entfernungen von einander Kugeln oder Scheiben ſitzen, mittelſt Rollen und Scheiben durch Waſſer und von da durch ſchräg liegende Röhren oder Canäle gezogen wird; die dadurch zugleich mit hineingezwängte Luft wird in einem eigenen Gefäße verdichtet, von wo aus die Blaſeröhre ins Feuer geht.

5) Baaders hydroſtatiſches Gebläſe iſt ganz dem oben beſchriebenen Härzer Wetterſatze ähnlich.

6) Waſſertrommeln, bei welchen die Luft durch den Fall des Waſſers in ſenkrechten Röhren mit fortgeriſſen wird.

Die Blaſebälge oder Balggebläſe ſind zu allgemein bekannt, als daß darüber etwas zu ſagen wäre.

Die Kaſtengebläſe beſtehen aus hohen quadratiſchen Kaſten, in denen eine Tafel ſtatt eines Kolbens auf- und nieder bewegt wird.

Am gebräuchlichſten in großen Anſtalten iſt gegenwärtig das Cylindergebläſe, welches einen kräftigen und ununterbrochenen Luftſtrom giebt. Es iſt in Fig. 6. Taf. V. abgebildet und hat folgende Einrichtung. In einem gußeiſernen, weiten, ausgeſchliffenen Cylinder A läßt ſich an einer ſtarken eiſernen Stange ein an die inneren Cylinderwände genau anſchließender Kolben auf und nieder bewegen. Dieſer Kolben hat ein oder zwei aufwärts ſich öffnende Ventile b b, auch der Boden des Kolbens hat ein Ventil a, welches von Außen nach Innen aufgeht. Die Kolbenſtange geht luftdicht durch die Mitte des Deckels des Cylinders, oder durch eine daſelbſt angebrachte Stopfbüchſe. Mit dem Deckel des Cylinders iſt das eiſerne Gefäß B, der Regulator verbunden, in welchem ein ſogenannter ſchwebender Kolben ſich befindet, deſſen Stange möglichſt lufdicht durch die Mitte des Deckels dieſes Gefäßes geht. An derſelben Stange befindet ſich eine Kette, die über ein Paar Rollen a a geſchlagen iſt, und jenſeits der zweiten Rolle ein Gegengewicht enthält. Dieſes Gegengewicht kann ſo eingerichtet werden, daß der ſchwebende Kolben damit balancirt, oder

Digitized by Google

auch darüber mehr oder weniger Uebergewicht hat. Letzteres muß der Fall ſein, wenn derſelbe Kolben eine drückende Kraft auf die unter ihm befindliche Luft ausüben ſoll. Geſetzt nun, der Kolben des Cylinders A befände ſich nahe am Boden deſſelben und wird in die Höhe gezogen, ſo entſteht unter ihm ein leerer Raum, in welchen die äußere Luft durch die Ventilöffnung a ſogleich eindringt. Wird er hinunter geſtoßen, ſo drängt ſich die zwiſchen ihm und dem Boden a befindliche Luft durch die Ventilöffnungen b b hindurch und begiebt ſich über ihn. Zieht man ihn zum zweiten Male in die Höhe, ſo entſteht nicht bloß wieder unter ihm der luftleere Raum, in welchen die äußere Luft eindringt, ſondern er ſchiebt dann zugleich die über ihm befindliche Luft durch die Ventilöffnung c in den Regulator B hinein, wo ſie unter dem ſchwebenden Kolben ſtehen bleibt.

Dieſe Wirkungen wiederholen ſich beim jedesmaligen Auf- und Niederziehen des Kolbens, wodurch die Luft in dem Regulator mehr und mehr verdichtet und von dem darin ſchwebenden Kolben vermöge ſeines Uebergewichts in einem ununterbrochenen Strome in die Feuerung des Ofens gedrückt wird.

Ueber die continuirliche Blaſemaſchine, welche der Verfaſſer mit gutem Erfolge beim Betriebe eines Kupolofens in einer Eiſengießerei benutzen ſah, ſehe man den Artikel über den Centrifugal-Ventilator.

27. Eisbildung im luftleeren Raume.

So wie bei der Verdichtung der Luft Wärme entſteht, ſo erſcheint bei ihrer ſchnellen Verdünnung Kälte, während des Auspumpens der Luft fällt das darin befindliche Thermometer um mehrere Grade. Gay-Luſſac ließ ſtark verdichtete Luft aus einem Ballon in einen andern gleich großen, luftleer gepumpten Ballon überſtrömen und bemerkte, daß das Thermometer in dem zweiten um eben ſo viele Grade ſtieg, als es in dem erſten fiel.

Bei dem ſchnellen Entladen einer Windbüchſe entſteht deßhalb häufig Eis an der Mündung. Dieſe Kälte kann dadurch bedeutend vermehrt werden, daß man leicht verdunſtende Flüſſigkeiten unter die Glocke bringt, die darin ſchnell verdampfen und dabei wie bekannt Wärmeſtoff binden. Da

Digitized by Google

ſich hierbei Dämpfe bilden, welche alsbald die ganze Glocke füllen und die weitere Verdunſtung aufheben würden, ſo bringt man gleichzeitig ein Gefäß mit einem hygroſkopiſchen Körper, Schwefelſäure, hinein, wodurch die Waſſerdämpfe begierig verſchluckt und die Verdampfung ſtetig unterhalten wird. Das Waſſer wird allmählich bis unter den Gefrierpunkt abgekühlt und es entſteht Eis.

Dieſes merkwürdige Verfahren, Eis zu erzeugen, wurde von Leslie angegeben, und es geſtattet um ſo mehr eine praktiſche Anwendung, da man nur anfangs die Luft gehörig zu verdünnen braucht. Die Verdampfung erfolgt nach und nach, und nimmt in dem Grade ab, wie die Temperatur ſinkt. Die größeſte Kälte, die man bisher durch Verdampfen von Waſſer in dem entleerten Recipienten der Luftpumpe nach Leslie hervorgebracht hat, erreichte — 32° R. Durch Verdampfen von Schwefelalkohol brachte Marcet eine Kälte von — 50° R. hervor. Ein Strahl von flüſſiger Kohlenſäure, auf ein Weingeiſtthermometer geleitet, bringt dieſes auf — 120° R. herunter. Die Kälte, welche man durch ein Gemiſch von Aether und flüſſiger Kohlenſäure erhält, iſt noch viel größer, denn man kann durch einen ſolchen Strahl in wenigen Sekunden beinahe 3 Loth Queckſilber zum Gefrieren bringen.

28. Abdampfung ohne Feuer.

Das im vorigen Artikel beſchriebene Verfahren zu künſtlicher Eisbildung läßt ſich auch zum Abdampfen von Flüſſigkeiten ohne Anwendung von Brennmaterial benutzen, indem in einem vollkommenen luftleeren, und luftleer bleibenden Raume ſelbſt eiskaltes Waſſer ſieden und verdampfen muß. Es iſt dieſes Verfahren ganz beſonders empfehlenswerth bei der Darſtellung von Extracten aus ſolchen Pflanzenſtoffen, welche durch Einwirkung der Wärme und des Sauerſtoffs der Luft leicht zerſetzt werden, und inſofern koſtenlos als die durch Waſſer verdünnte Schwefelſäure am Werthe nichts verloren hat, da ſie zu den meiſten Anwendungen ohnehin zuvor verdünnt wird.

Damit die Flüſſigkeit nicht zum Gefrieren kommt, müßte man die Luft nicht ſo ſtark verdünnen, oder den Hahn des Recipienten öffnen und die Luft aufs Neue auspumpen. Auch dürfte es genügen, ſolche in Gefäße zu gießen, welche

Digitized by Google

die Wärme gut leiten und dann unmittelbar dicht über dem Gefäße mit Schwefelſäure aufſtellen. Bei der Vermiſchung der letzteren mit Waſſer wird bekanntlich ſtets Wärme entbunden, welche ſich den, die abzudampfenden Flüſſigkeiten enthaltenden, Gefäßen mittheilen würde. Man müßte ſolche daher in Porzellangefäßen, oder Metallſchälchen eindampfen.

Bringt man Fleiſch nebſt Vitriol unter die Glocke der Luftpumpe, ſo trocknet es in kurzer Zeit, ohne ſonſt zu leiden, ſo weit aus, daß es ſich dann Monate lang, ohne zu verderben, aufbewahren läßt. Nach Gay=Luſſac wurde daſſelbe dabei weder lederartig noch zähe, ließ ſich gut ſchneiden und lieferte, nach einigen Monaten gekocht, eine angenehm ſchmeckende Brühe.

29. Das Abdampfen im luftverdünnten Raume.

Die Luft verzögert das Sieden und Verdampfen der Flüſſigkeiten; ihr Druck bedingt, daß letztere nicht eher ſieden, als bis die im Inneren ſich erzeugenden Dämpfe eine etwas größere Spannung erlangt haben als die der umgebenden Luft, um ſowohl dem Druck dieſer, als auch der über den Dämpfen laſtenden Flüſſigkeitsſäule das Gleichgewicht zu halten, oder beide ſelbſt zu übertreffen. Hieraus wird erklärlich, weßhalb der Siedepunkt einer Flüſſigkeit nach dem Barometerſtande veränderlich iſt, bei größerer Spannung der Luft etwas höher, bei geringerem Luftdruck etwas niedriger liegt, weßhalb in Gefäßen, in welchen die Flüſſigkeit 1½ bis 2 Fuß hoch über dem Boden derſelben ſteht, das Sieden erſchwert; dagegen in flachen, wo die Flüſſigkeitsſchicht nur einige Zoll beträgt, das Sieden erleichtert iſt. Der Siedepunkt des Waſſers iſt daher nach der Höhe der Oerter, wo das Sieden vorgenommen wird, ſehr verſchieden; auf hohen Bergen, wo die Luft bedeutend dünner iſt als in Ebenen oder Thälern, kocht Waſſer bei einer niederen Temperatur als 80° R., weßhalb man auf denſelben Fleiſch nicht gar kochen kann; in einem Raume, wo die Spannung der Luft = 2 Linien iſt, ſiedet es ſchon bei + 8° R.

Dieſe Beobachtungen gaben Veranlaſſung, das Abdampfen und Kochen in bedeckten Pfannen und Keſſeln, in welchen auf irgend eine Weiſe die Luft verdünnt wurde, zu verſuchen. Man hatte dabei nicht allein den Zweck, bei

Digitized by Google

einer niedrigeren Temperatur, alſo ohne Gefahr einer durch höhere Wärme etwa bedingten Zerſetzung, das Sieden zu vollbringen, ſondern auch den ſchädlichen Einfluß des Sauerſtoffs der Luft zu beſeitigen. Endlich glaubten auch Manche dadurch direkt an Brennmaterial zu erſparen, daß die Temperatur, bei welcher Flüſſigkeiten im Vacuum ſieden, niedriger iſt als im luftverdünnten Raume. Dieſes iſt aber in der Hauptſache ein Irrthum. Durch Verſuche iſt nämlich erwieſen, daß die Summe der ſenſibelen und latenten Wärme im Dampfe für alle Temperaturen eine conſtante Größe iſt.

Siedet z. B. Waſſer bei 100° C., ſo beträgt die latente Wärme des gebildeten Dampfes 540; es iſt alſo die Summe der ſenſibelen Wärme 100 + der latenten 540 = 640°. Wenn aber Waſſer im Vacuum bei 40° C. kocht, ſo enthalten die erzeugten Dämpfe 600° latente Wärme, ſo daß die Summe beider 40 × 600 = 640 beträgt. In dem Maße alſo die ſenſibele Wärme in den Dämpfen zunimmt, nimmt dagegen die latente ab und umgekehrt. Hieraus folgt, daß wenn eine Flüſſigkeit bei einem niedrigeren Temperaturgrad ſiedet, hinſichts der zur Dampfbildung erforderlichen Wärmemenge keine Erſparung an Brennmaterial eintritt.

Einzig und allein wird nur dadurch etwas erſpart, daß die Flüſſigkeit an ſich nur auf einen niedrigeren Temperaturgrad gebracht zu werden braucht, als dieſes in offenen Geräthen erforderlich iſt; dagegen wird an Zeit gewonnen, indem die ſich bildenden Dämpfe ſtets ſogleich entfernt werden, als ſie ſich bilden, wodurch der dampfleere Raum ſtetig unterhalten wird. Uebrigens ſind auch die Vortheile, welche das Verdunſten im luftleeren Raume gewährt, ohnehin groß genug, um daſſelbe immer mehr und mehr in den Gewerben beachtet zu ſehen. Beſonders empfiehlt es ſich beim Abdampfen ſolcher organiſcher Subſtanzen, Extracten, Farbebrühen ꝛc., welche durch den Sauerſtoff der Luft oder durch große Hitze, oder durch beide zugleich zerſetzt oder nachtheilig verändert werden; welche beim Annehmen einer größeren Conſiſtenz leicht anbrennen u. ſ. w.

30. Apparat zum Abdampfen im luftleeren Raume.

Ein ſolcher iſt in Fig. 1. Taf. VI. abgebildet. **A** iſt

Digitized by Google

ein kugelförmiger Abdampfkeſſel, der durch Dampf geheizt wird und deſſen untere Hälfte zu dem Ende mit einem Mantel umgeben iſt, in welchen durch die Röhre h Dampf aus einem Dampfkeſſel geleitet wird. Die mit einem Hahn verſehene Röhre i dient dazu, das in dem Mantel verdichtete Waſſer von Zeit zu Zeit abzulaſſen. Der Verdampfungskeſſel A ſelbſt iſt mit mehreren Oeffnungen verſehen. Eine derſelben von ziemlich großem Durchmeſſer iſt durch eine aufgeſchraubte Platte c geſchloſſen und dient zum Reinigen des Keſſels, weßhalb die Oeffnung groß genug ſein muß, um mit der Hand hindurch kommen zu können. Das mit einem Hahn verſehene Rohr b macht außen einen Bogen und endigt ſich mit dem abwärts gekehrten Ende in einen Behälter, worin die abzudampfende Flüſſigkeit vorräthig gehalten wird, welche durch dieſes Rohr b bei Oeffnung des Hahns in den Verdampfungskeſſel geſogen wird. Die Glasröhre H zeigt die Höhe der Flüſſigkeit im Keſſel an. Von dem oberen Ende des Keſſels geht die mit dem Hahn C verſehene Dampfröhre nach einem Kühlapparate E, während das untere Ende mit einer Röhre a zum Ablaſſen der von der Verdunſtung rückſtändigen Flüſſigkeit ausgeſtattet iſt. Der Kühlapparat E beſteht aus einem Syſtem mit einander verbundener, dünner kupferner Röhren von etwa 1 Zoll Weite, oder auch aus einem gewöhnlichen Schlangenrohr, in welches der Dampf aus der oberen Dampfröhre einſtrömt. Das untere Ende des Kühlrohrs ſteht durch ein kurzes, mit einem Hahn f verſehenes Rohr mit dem Condenſator F in Verbindung, welcher ganz luftdicht verſchloſſen und in einem Behälter G angebracht iſt. Die Röhre g dient zum Ablaſſen des in den Condenſator angeſammelten Waſſers, die Röhre k dagegen ſteht mit dem Hauptdampfkeſſel, welcher auch die Heizung des Gefäßes A bewirkt, in Verbindung. Sämmtliche Theile dieſes Apparats müſſen alſo luftdicht ſchließen.

Das Weſentliche bei der Sache liegt nun darin, den ganzen Apparat luftleer zu machen, zu welchem Ende man eine kurze Zeit lang Waſſerdampf durch ihn hindurch treibt, welcher alle Luft mit fortnimmt, worauf man alle Oeffnungen ſchließt und das Kühlfaß E ſo wie den Behälter G mit kaltem Waſſer füllt. Der Dampf verdichtet ſich nun größtentheils zu Waſſer und bewirkt ſo einen faſt leeren Raum.

Digitized by Google

Bei der Arbeit geht man folgendermaßen zu Werke: Man öffnet zuerſt die Hähne a f g und k, durch den letztern füllt ſich der ganze Apparat mit Dampf, während die Luft aus den Röhren g und a entweicht. Während dieſes Durchleitens von Dampf darf noch kein kaltes Waſſer in dem Kühlfaß und dem Behälter G ſein. Iſt die Luft ausgetrieben, ſo ſchließt man die Hähne g a und k, füllt E und G mit kaltem Waſſer und öffnet die Röhre b, bis ſich der Keſſel A ſo weit, wie man für nöthig hält, mit Flüſſigkeit gefüllt hat, worauf man ſie wieder ſchließt. Durch Einleiten von Dampf in den Mantel wird nun A erhitzt und die Verdampfung, welche in dem leeren Raume bei ſehr geringer Wärme vor ſich geht, bewirkt. Die gebildeten Dämpfe gelangen in das Kühlrohr und den Condenſator, werden hier verdichtet, und ſammeln ſich als flüſſiges Waſſer in dem letztern an. Da nun aber kalte wäſſerige Flüſſigkeiten, mithin auch die in A eingefüllte abzudampfende Flüſſigkeit, faſt immer eine gewiſſe Menge Luft enthalten, welche ſie beim Erhitzen im luftleeren Raum wieder fahren laſſen, ſo ſieht man leicht ein, zumal auch die vielen Hähne und übrigen Verbindungen ſelten ſo vollkommen luftdicht ſind, wie vorausgeſetzt wurde, ſich nach und nach Luft in dem Apparate, beſonders in dem Condenſator anſammeln wird. Es iſt daher unerläßlich, von Zeit zu Zeit, ſelbſt während der Operation den Condenſator luftleer zu machen. Man ſchließt zu dem Ende den Hahn f und öffnet die Hähne k und g, während man zugleich das Kühlwaſſer aus dem Behälter G abfließen läßt. Iſt alles in dem Condenſator befindliche Waſſer und die Luft herausgeſchafft, ſo ſchließt man k und g, öffnet f und läßt friſches Kühlwaſſer in G einlaufen, worauf die Operation mit erneuerter Kräftigkeit fortgeht.

Daß dieſer Apparat, je nach den ſpeciellen Zwecken, wozu man ihn beſtimmt, z. B. zum Abdampfen und Concentriren von Extracten und anderen vegetabiliſchen Flüſſigkeiten verſchiedener Abänderungen fähig und bedürftig ſein werde, iſt klar. Das Gefäß A pflegt man innerlich zu verzinnen.

31. Die Vacuumpfannen der Zuckerſiedereien.

Nachdem das Abdampfen im luftleeren Raume bereits zu andern Zwecken vielfach angewendet worden war, begann

Digitized by Google

der verdienſtvolle Engländer **Howard** Zuckerklärſel in luftleeren Pfannen, **vacuum pans**, zu kochen und nahm darauf 1812 ein Patent. Der Apparat wurde nach dem Tode des Erfinders und nach Ablauf des Patents in England bekannt gemacht. Zum Betrieb der Pfannen wird entweder, wie bei der älteren Einrichtung, nur allein der Zwiſchenraum beider Böden mit Dampf von etwa 1½ bis 1¾ Atmoſphären Spannung erfüllt, oder man legt noch ein dreifaches Schlangenrohr in die Pfannen ſelbſt, und leitet durch daſſelbe Hochdruckdampf von 3 Atmoſphären, während der Doppelboden nur Dampf von niederem Druck enthält. Iſt Alles im guten Stande, ſo kann die leere Pfanne bis auf 1 Zoll Queckſilberſtand ausgepumpt werden.

Bei 1½ Zoll engl. Queckſilberſtand beträgt die Siedetemperatur des Klärſels 30° R., bei 4 Zoll 52½°, bei 5½ Zoll 57° R. Bei den älteren, bloß im Boden geheizten Pfannen beträgt die Siedetemperatur gewöhnlich 54 — 55° R. Es muß daher der Zucker, ſo wie er aus der Vacuumpfanne abgelaſſen worden, bevor er in die Formen gefüllt werden kann, noch aufgewärmt werden, eine Operation, welche ziemlich viel Dampf und Zeit koſtete. Wird aber die Pfanne mit Hochdruckdampf geheizt, ſo kann man bei einer geringeren Luftverdünnung doch ſchnell genug kochen, z. B. bei einer Temperatur von 65° R. und ſodann ohne Vorwärmen ſogleich zum Füllen ſchreiten, wodurch bedeutend an Zeit erſpart wird.

Die Vortheile, welche durch einen ſolchen Apparat erreicht werden, ſind, außer daß darin ſo leicht kein Anbrennen und Bräunen der Maſſe zu beſorgen iſt, folgende.

1) Durch Entfernung der Luft und Verminderung der Siedetemperatur wird weniger kryſtalliſirbarer Zucker in unkryſtalliſirbaren oder Syrup verwandelt, folglich die Ausbeute an raffinirtem Zucker aus einer gegebenen Menge Rohzucker vermehrt, die Menge des Syrups vermindert. Wie viel Procente dadurch mehr gewonnen werden, läßt ſich im Allgemeinen nicht angeben.

2) Die Qualität des Zuckers verbeſſert.

3) In einer gegebenen Zeit mehr Zucker gekocht als in offenen Pfannen über freiem Feuer, namentlich, wenn Hochdruckdampf angewendet wird. Gegen Kipppfannen leiſtet

Digitized by Google

der Howardſche ältere Apparat hinſichtlich des Verdampfens von Waſſer in gleicher Zeit mindeſtens das Zweifache.

Auf Taf. IV. in Fig. 1 iſt der Howardſche Apparat abgebildet. Der Dampfraum **a** von 5 Fuß im größten Durchmeſſer wird durch die Zuleitungsröhre **b** mit Dampf von $1\frac{1}{2}$ Atmoſphäre Druck gefüllt erhalten; **c** die Röhre zum Ablaſſen des Condenſationswaſſers und der in dem Raume ſich ſammelnden atmoſphäriſchen Luft; **d e f** drei getrennte, in der Pfanne liegende, ſpiralförmig gewundene Dampfröhren, deren jede durch eine beſondere Zuleitungsröhre **g** mit Dampf von 4 bis $4\frac{1}{2}$ Atmoſphären Druck geſpeiſt wird. Das in dieſen Röhren ſich condenſirende Waſſer wird durch die drei Röhren **u u u** der Abflußröhre **c** zugeführt. **F** das Ventil zum Ablaſſen des gekochten Zuckerſaftes. Der weite Hals **G** iſt mit einem luftdicht ſchließenden Deckel verſehen, durch welchen nöthigenfalls der Zugang zu dem inneren Raum der Pfanne möglich wird. Ein kleines Ventil **h** dient dazu, nach Beendigung der Kochung Luft in den Apparat zu laſſen, indem ſonſt die Flüſſigkeit aus dem unteren Ventil nicht abfließen würde. Das weite Rohr **i** dient zur Aufnahme der etwa überkochenden Flüſſigkeit, während der Dampf durch das Rohr **k** abzieht. Um jedoch ganz ſicher zu ſein, daß nicht etwa ein Theil der überkochenden Flüſſigkeit von den Dämpfen fortgeriſſen werde, läßt man dieſe durch die mit einer Scheidewand verſehene Erweiterung **l** ſtreichen, in welcher ſich alles Flüſſige abſetzt, und durch ein weites Glasrohr **m** in den Behälter **i** gelangt. Die Durchſichtigkeit des Glaſes macht es möglich, den Stand der Flüſſigkeit in dieſem Behälter zu erkennen, um ſie zur rechten Zeit abzulaſſen, welches vermittelſt des kugelförmigen Gefäßes **n** bewerkſtelligt wird. Nachdem nämlich die Hähne **o** und **p** geſchloſſen worden, öffnet man den weiten Hahn **q**. Die Kugel füllt ſich nun mit Flüſſigkeit, während die in ihr enthaltene Luft in die Pfanne tritt, und bei dem fortgehenden Spiel der Luftpumpe mit fortgeſchafft wird. Man ſchließt hierauf den Hahn **q**, öffnet aber **o** und **p**, worauf die Flüſſigkeit durch **o** abfließt. **r** ein weiter Behälter von Gußeiſen, zur Condenſation des Dampfes. Derſelbe enthält bei **s** ein kupfernes Sieb, auf welches durch die Röhre **t** kaltes Waſſer geleitet wird. Der ſo entſtehende, fortwährende Regen von kaltem Waſſer bewirkt die Ver-

Digitized by Google

dichtung des Dampfes, und ſowohl das Condenſations- wie Infectionswaſſer wird nebſt dem noch etwa unverdichtet gebliebenen Dampfe durch das geöffnete Ventil x und die Röhre y der Luft- und Waſſerpumpe zugeführt. Der Hals der Vacuumpfannen iſt mit einem cylindriſchen Behälter v umgeben, welcher als Vorrathsgefäß dient, und aus welchem das, durch Berührung mit dem heißen Halſe vorgewärmte Klärſel durch das Rohr n in die Pfanne gelaſſen wird.

32. Roth's Zuckerſiede-Apparat zur Luftleereerzeugung mittelſt Dampf.

Im Jahre 1830 conſtruirte Roth in Paris einen ähnlichen Apparat, welcher auf Taf. III. abgebildet iſt, und ſich von dem vorigen dadurch unterſcheidet, daß der leere Raum nicht durch eine Luftpumpe, ſondern durch Condenſation von Waſſerdämpfen hervorgebracht wird. Er beſteht im Allgemeinen aus zwei Theilen, der Vacuumpfanne **A**, und dem Verdichter **B**. Die Einrichtung der 6 Fuß im Durchmeſſer haltenden Vacuumpfanne ſtimmt im Weſentlichen mit der von Howard überein. Der Zwiſchenraum der unteren Böden **a a** dient zur Aufnahme von wenig geſpanntem Waſſerdampf, der durch das Rohr **b** einſtrömt. — Durch ein zweites Rohr **c** fließt das Condenſationswaſſer in den Dampfkeſſel zurück. Das in der Pfanne liegende, ſpiralförmige Dampfrohr **d d** erhält durch das Rohr **e** den nöthigen Dampfzufluß, während das Condenſationswaſſer durch das Rohr **f** in den Dampfkeſſel zurückfließt. Zur Unterſtützung des Spiralrohres ſind auf dem Boden der Pfanne 6 hölzerne Brücken **g g** angebracht. Die Linie **h h** bezeichnet den Rand der Zuckerlöſung bei gefüllter Pfanne; **k** der große Hahn zum Ablaſſen des fertig eingedampften Zuckerſyrups; **l** ein Behälter, aus welchem er durch ein Rohr in die Wärm- oder Kühlpfanne abfließt. Ein mit einem Hahn verſehenes Rohr **m**, welches bis nahe auf den Boden eines hölzernen Behälters **n n** hinabreicht, dient zum Einbringen des Zuckerſaftes in die Vacuumpfanne. Man braucht nämlich, nachdem die Pfanne luftleer gemacht worden, nur den Hahn der Röhre **m** zu öffnen, worauf der Zuckerſaft ſofort eingeſogen wird; **i** ein Hahn in der obern Wölbung der Pfanne, um nach Beendigung einer Operation Luft in den Apparat zu laſſen. **o** das Dampfrohr, durch welches vor

Digitized by Google

Anfang einer Kochung die Vacuumpfanne ſowohl, wie der Verdichtungsapparat mit Waſſerdampf gefüllt wird; p das von dem Dampfkeſſel auslaufende Hauptdampfrohr.

Der Verdichtungsapparat B iſt von ſtarkem Eiſenblech von $6\frac{1}{2}$ Fuß im Durchmeſſer und gleicher Höhe. Der weite Hals deſſelben nimmt an der einen Seite das von der Vacuumpfanne herkommende Rohr q, an der gegenüberſtehenden Seite das Kaltwaſſerrohr r auf, deſſen anderes Ende in einer mit kaltem Waſſer gefüllten Cyſterne s ſteht. Zum Zwecke der vollſtändigen Verdichtung der aus der Vacuumpfanne während der Verdampfung zuſtrömenden Dämpfe enthält der Verdichter einen beſonderen Apparat t t. Etwa 30 oder 40 aus Weidenruthen geflochtene, in der Mitte ein weites Loch enthaltende Scheiben ſind über einander gelegt, ſo daß die Löcher einen Canal bilden, welcher als Fortſetzung der Röhre q zu betrachten, unten geſchloſſen iſt. Der ganze Scheibenapparat wird durch vier hölzerne, von dem Halſe des Verdichters herabreichende Stangen getragen. Das aus der Kaltwaſſerröhre einfließende Waſſer gelangt zuerſt in ein flaches Becken u mit durchlöchertem Boden, fließt von hier auf die Flechtwerke, träufelt von einem auf das andere herab, fällt in mehreren Strahlen durch den unteren Raum des Verdichters und ſammelt ſich auf dem Boden deſſelben an. Der aus der Vacuumpfanne einſtrömende Dampf iſt genöthigt, ſeinen Weg durch die vielen Zwiſchenräume der Geflechte zu nehmen und wird dadurch verdichtet. Sollten indeſſen kleine Dampfmengen der Verdichtung entgehen, ſo werden ſie in dem unteren Raume des Apparates durch die herabträufelnden Waſſerſtrahlen condenſirt. Durch den Hahn v wird nach Beendigung der Operation das Waſſer aus dem Condenſator abgelaſſen. w ein Waſſerſtand; x ein Barometer, welches den Grad der Luftverdünnung anzeigt.

Die Arbeit mit dieſem Apparat iſt folgende: Nachdem ſowohl die Vacuumpfanne, wie auch der Condenſator entleert, und der Hahn k, ſo wie das Kaltwaſſerrohr geſchloſſen ſind, öffnet man den Hahn des Dampfrohres o. Es beginnt nun ein ſehr gewaltſames Einſtrömen von Dampf in die Vacuumpfanne, wodurch dieſe bis zur Temperatur des ſiedenden Waſſers erhitzt und mit Dampf erfüllt wird. Die in der Pfanne enthaltene Luft miſcht ſich mit dem Dampf und wird beim ferneren gewaltſamen Hindurchſtrei-

Digitized by Google

chen deſſelben allmählich mit in den Condenſator übergeführt. Aber auch hier findet ſie keinen bleibenden Aufenthalt, ſondern entweicht mit dem fortwährend nachſtrömenden Dampfe, wodurch ſehr bald auch der Condenſator ſich erhitzt, aus dem Hahne v. Wenn nun das Durchſtrömen des Dampfes aus dieſem Hahne eine Weile fortgedauert hat, und man annehmen darf, daß alle Luft aus dem Apparate fortgejagt iſt, ſchließt man das Dampfrohr o und öffnet dagegen das Kaltwaſſerrohr r. Es beginnt nun ſofort das Einſtrömen von kaltem Waſſer, es verdichtet ſich der in dem Condenſator enthaltene, ſo wie auch der aus der Vacuumpfanne nachſtrömende Dampf und in kurzer Zeit befindet ſich der ganze Apparat, ſo weit dieſes überhaupt unter den obwaltenden Umſtänden möglich iſt, luft- und dampfleer, worauf man den Zuckerſaft in die Pfanne bringt. Man öffnet zu dem Ende den Hahn der Röhre m, worauf das Einſaugen des Saftes beginnt. Sobald die zu einer Operation nöthige Menge eingefloſſen iſt, was man in dem Sinken des Niveaus in dem Behälter n n erkennt, ſchließt man die Röhre und beginnt nun mit dem Einleiten von Dampf in den doppelten Boden und das Spiralrohr der Pfanne, worauf die Abdampfung ſofort beginnt. Mit einem Apparat von der angegebenen Dimenſion dauert eine Abdampfung von 400 Quart etwa 25 Minuten. Es werden zu den 400 Quart Saft etwa 2800 Quart Waſſer erforderlich. Der in dem Apparate herrſchende Druck kommt der Temperatur beim Sieden dem einer Queckſilberſäule von 4,7 Pariſer Zoll, oder von 0,168 Atmoſphären gleich.

Die zum Betriebe dieſes Apparates erforderliche große Menge Waſſers ſetzte der allgemeinen Einführung ein weſentliches Hinderniß in den Weg. Roth erfand daher einen Apparat zum Abkühlen deſſelben. Derſelbe beſteht in einem, in angemeſſener Höhe angebrachten Behälter, deſſen Boden mit dreizölligen runden Löchern durchbohrt iſt, in welchen kupferne Röhrenſtücke, und an dieſen Baumwollſchläuche befeſtigt ſind. Durch eine Anzahl kleiner Löcher um jedes Rohr ſickert das Waſſer an den Schläuchen in einen unter denſelben angebrachten Behälter hinab und wird dadurch abgekühlt. Das dem Rothſchen Apparate zu Grunde liegende Princip iſt ſeitdem auf mancherlei Weiſe modificirt worden; man hat z. B. als Condenſator große, in kaltes

Digitized by Google

Waſſer gelagerte Schlangen benutzt, oder im Zickzack gebogene Röhren, an deren Oberfläche Zuckerlöſung, Rübenſaft, herabträufelt und dadurch die Dämpfe im Innern des Condenſators niederſchlägt. (Degrand.) Allein die Wirkung dieſes Apparates war, wie vorauszuſehen, nicht genügend, indem theils die Temperatur des Saftes nicht niedrig genug, theils die Wärmecapacität deſſelben geringer als die des Waſſers, endlich auch die Menge nicht hinlänglich war, eine vollſtändige Condenſation zu bewirken, ganz davon abgeſehen, daß, namentlich bei Rübenſaft, der Einfluß der Luft bei der mäßigen Wärme, welche der Saft dabei aufnimmt, Gährung und dadurch Verluſt an kryſtalliſirbarem Zucker bedingt. Man kehrte daher zur Condenſation durch Waſſer und ſogar zur Luftpumpe zurück, die zu umgehen ſo viele Anſtrengungen vergeblich gemacht worden waren. (Schubarth.)

33. Pelletan's Apparat mit Luftleereerzeugung durch Dampf.

Es mag nun noch die vor etwa 15 Jahren von Pelletan in Paris verſuchte Methode erläutert werden, nach welcher durch einen Strom hochgeſpannten Dampfes eine Luftverdünnung bewirkt wird. Wenn eine geſpannte Saite, ein am Ende eingeſpanntes Stahlſtäbchen, eine Uhrfeder durch eine äußere Kraft aus der Lage der Röhre in eine andere Form gebracht werden, ſo kehren letztere, nachdem die Kraft zu wirken aufgehört hat, in die vorige Lage nicht anders zurück, als bis ſie wie ein Pendel eine gewiſſe Anzahl von Schwingungen vollendet haben. Bei dieſen Vibrationen überſchreitet die Saite, wie bei den Oscillationen das Pendel, wenn ſie in einer Richtung angeſpannt und dann losgelaſſen wird, die Lage der Ruhe, indem ſie in entgegengeſetzter Richtung eben ſo ſtark ſich ausdehnt und von der Lage der Ruhe ſich entfernt.

Aehnlich verhält ſich auch die elaſtiſche Luft, der Dampf. Wenn z. B. Luft oder Dampf von größerer Spannung als die atmoſphäriſche Luft, aus engen Röhren in einen weit größeren Raum mit bedeutender Schnelligkeit einſtrömen, dehnen ſie ſich ſo mächtig aus, daß ſie einen ſo viel Mal größeren Raum momentan einzunehmen ſich beſtreben, als ſie vorher, vermöge ihrer größeren, die atmoſphäriſche Luft übertreffenden Dichtigkeit einen kleineren erfüllten. Luft von

Digitized by Google

dreiſacher Dichtigkeit dehnt ſich augenblicklich ſo ſtark aus, daß ſie drei Mal dünner wird als die atmoſphäriſche.

Aus dem Geſagten kann man ſich nun eine Erſcheinung erklären, welche ein kleiner Apparat, das ſogenannte Clement'ſche Plättchen gewährt. Clement Desformes machte folgende, auf dem Hüttenwerk von Fourchambeau, angeblich durch einen Zufall entdeckte Erſcheinung bekannt. Läßt man Wind von einem Gebläſe, oder einen Dampfſtrom von mäßiger Spannung durch eine enge, in eine Metallplatte angebrachte Oeffnung ſtrömen und hält ein leichtes Metallblättchen in geringer Entfernung parallel mit erſter, nahe heran, ſo wird daſſelbe gegen die Metallplatte angedrückt, und ſelbſt gegen das Geſetz der Schwere von unten nach oben, dem Luft- oder Dampfſtrome entgegenſpringen und ſich an die Metallplatte anlegen. Je kräftiger der Luft- oder Dampfſtrom, deſto größer iſt die Kraft, mit welcher das Metallblättchen gegengedrückt wird, eine deſto ſchwerere Platte wird gehoben.

Die Erklärung dieſer Erſcheinung iſt folgende: Die Luft oder der Dampf, ſo wie er zur Oeffnung hervortritt, dehnt ſich in dem Raume zwiſchen beiden Platten plötzlich ſo bedeutend nach allen Richtungen aus, daß er dadurch einen beträchtlich geringeren Grad der Dichtigkeit erlangt als die umgebende atmoſphäriſche Luft beſitzt, weßhalb letztere die bewegliche Platte gegen die feſtſtehende andrückt. Je größer nun die Spannung und Dichtigkeit der ausſtrömenden Luft oder des Dampfes war, eine deſto größere Ausdehnung tritt dann zwiſchen den Platten ein, deſto mächtiger muß daher das Uebergewicht des Luftdrucks gegen die bewegliche Platte von einigem Gewicht emporgehoben und gegen die andere Platte gedrückt werden. Dieſe Erſcheinungen nun begründen Pelletan's Princip, einen luftverdünnten Raum zu erzeugen.

Dampf von vier Atmoſphären Spannung (60 Pfund auf den Quadratzoll) ſtrömt durch ein koniſch verengtes Rohr in eine Kugel von angemeſſener Capacität, welche an dem entgegengeſetzten Punkt mit einem weiten Rohr in Verbindung ſteht, durch welches der Dampf, nach ſtattgehabter Ausdehnung, nach einem Condenſator abzieht. In die Kugel mündet zur Seite ein Rohr aus dem Condenſator des Apparates ein. So wie nun nach Eröffnung des Hahns

Digitized by Google

im Dampfrohr Dampf in die Kugel einſtrömt und die Verbindung derſelben mit dem Condenſator hergeſtellt iſt, wird die Luft aus letzterem angeſogen, ſo daß ein mit dem Condenſator verbundenes Kapſelbarometer 21 — 22 Zoll hoch ſteht, welches eine vierfache Verdünnung der Luft im Condenſator andeutet. Der aus der Kugel abſtrömende, mit Luft gemengte, Dampf wird noch zum Heizen des Bodens der Pfannen benutzt.

Pelletan's Apparat gewährt ein Erſparniß an Dampf, im Vergleich mit Roth's und ähnlichen Apparaten; und der zur Luftverdünnung benutzte und ſelbſt ein Theil des aus der kochenden Flüſſigkeit ſich entwickelnden, und aus dem Condenſator mit angeſogenen Dampfes wird zur Erwärmung der Pfannen benutzt, deren Wärme alſo nicht verloren geht.

34. Concentration der Schwefelſäure in luftleeren Pfannen.

Kuhlmann ſchlägt vor, die Schwefelſäure im Vacuo zu concentriren, und ſpricht die Hoffnung aus, daß es dann möglich werden könne, ſich durchgängig nur bleierner Gefäße zu bedienen, da eine Temperatur von 60 bis 61°, wie man ſie in dieſem Falle höchſtens anzuwenden hat, im leeren Raume hinreichen dürfte, um Schwefelſäure vollkommen zu entwäſſern.

35. Darſtellung des Leims in luftleeren Pfannen.

Durch Anwendung des luftleeren Raumes nach den oben erläuterten Principien würde man nicht nur die Extraction deſſelben aus Leimleder, Häuten, Knochen, Sehnen und Flechſen erleichtern, ſondern auch das Abdampfen bei einem geringeren Temperaturgrade verrichten können. Die Folge davon würde ſein, daß man mehr und beſſeren Leim erhielte, indem er durch gänzliche Verminderung eines Anbrennens und Abſchluß des atmoſphäriſchen Sauerſtoffs nie eine braune Farbe erhalten würde, wie es ſo häufig der Fall iſt. Verbände man damit gleichzeitig eine rationelle Anwendung der thieriſchen und der Holzkohle, ſo würde man auch aus Flechſen einen Leim bereiten können, der dem aus Leimleder dreiſt würde zur Seite geſtellt werden können, während man bis jetzt daraus nur eine höchſt

Digitized by Google

braune und ſtinkende, an feuchter Luft zuſammenfließende, Waare darſtellt.

36. Die Deſtillation im luftleeren Raume.

Auch bei der Deſtillation hat man den luftverdünnten Raum anzuwenden verſucht, in der falſchen Vorausſetzung, dadurch an Brennmaterial zu erſparen, was indeſſen nach den im vorigen Artikel hinlänglich erläuterten Grundſätzen nicht der Fall iſt. Die Deſtillation im luftverdünnten Raume geht wegen der niederen Temperatur, bei welcher die Maiſche ſiedet, zwar langſamer, allein man erhält ein fuſelfreies Product, indem dabei nicht jene durch Siedehitze bedingte Zerſetzung ſtattfinden kann.

Zu einer ſtetigen Anwendung der Deſtillation im luftleeren Raume iſt es indeſſen bis auf die neueſte Zeit nicht gekommen, wo ihr die Aufmerkſamkeit wieder zugelenkt wurde und die dadurch erhaltenen Reſultate, wie ſich ſpäter zeigen wird, ſo günſtig ausfielen, daß ſich erwarten läßt, es wird dieſe Methode, nachdem ſie mehr und mehr vervollkommnet iſt, allgemeine Anwendung finden.

Lebon in Frankreich, welcher daſelbſt die Gaserzeugung gründete, ſcheint der Erſte geweſen zu ſein, der vor etwa 45 Jahren die Deſtillation im Vacuum verſuchte und darauf ein Patent nahm. Er verband den Deſtillationsapparat mit einer ſenkrechten Röhre, in welcher vermittelſt Queckſilber ein luftverdünnter Raum erzeugt wurde, und umgab den Condenſator mit Kälte hervorbringenden Subſtanzen. Sein Apparat iſt indeſſen der verdienten Vergeſſenheit anheim gefallen.

Später gab Tennant einen ſolchen an, bei welchem die Luft in der Vorlage durch Wärme verdünnt wurde, indem man Feuer unter ihn brachte. Später als Tennant hat Heinrich Tritton in England einen Deſtillirapparat angegeben, der ebenfalls auf Verdünnung der Luft berechnet und auf Taf. II. abgebildet iſt. Die Beſchreibung dieſes ſowohl, wie des folgenden Apparates befindet ſich im Handbuch für Fabrikanten, woraus wir dieſelbe entnommen haben.

Tritton ließ ſich für ſeinen Apparat am 13. Juli 1817 ein Patent geben, geſteht aber ſelbſt, daß weder die Anwendung der Luftpumpe, noch das Setzen der Blaſe in

Digitized by Google

ein Waſſerbad eine neue Erfindung ſei. Er ſetzt die Blaſe in ein Gefäß voll Waſſer oder einer anderen Flüſſigkeit, indem ſie dadurch gleichförmiger erhitzt wird und die Luft, wenn die Blaſe ausgezogen iſt, nicht ſo leicht eindringt. Aus der Blaſe ſteigen die Dämpfe durch die Röhre in ein ſtarkes Verdichtungsgefäß, das in einem Kühlgefäße ſteht. Von dieſem Verdichtungsgefäße gehen ſie durch eine Röhre in ein anderes Verdichtungsgefäß, das ſo groß iſt, daß es das ganze Produkt der Deſtillation faſſen kann. An dieſem Verdichtungsgefäße, das wir Vorlage nennen wollen, iſt auch ein Hahn, durch welchen Luft eingelaſſen werden kann, ohne daß der verdichtete Dampf heraus kann. In der Röhre, die von dem erſten zum zweiten Verdichtungsgefäße führt, iſt ein Hahn angebracht, damit man den Uebergang der Dämpfe beliebig hindern und unterſuchen kann, wie viel verdichtete Flüſſigkeit in der Vorlage ſich befindet.

Die Hauptvorzüge dieſes Apparates werden von Tritton folgendermaßen angegeben, wobei wir jedoch bemerken, daß ſolche 1817 angegeben wurden und nach den von uns angeführten Grundſätzen zu ermäßigen ſind. Da eine Hitze genügt, welche weit unter dem Siedepunkte iſt, ſo iſt alle Gefahr des Anbrennens vermieden, kein brandiger Geſchmack entſteht, es wird Brennſtoff erſpart und ein beſſerer Branntwein erhalten; auch zur Deſtillation des Seewaſſers iſt derſelbe ſehr gut zu gebrauchen.

Nachſtehendes iſt die Beſchreibung des in Fig. 1. im Durchſchnitt, in Fig. 2. im Grundriß dargeſtellten Apparates. **A** iſt die Blaſe, **N O** die Ablaßröhre mit dem Hahn; **P** Oeffnung, ſo groß, daß man mit der Hand hineinlangen kann, um die Blaſe zu reinigen; ſie kann mit einer Deckſchraube geſchloſſen werden. **C C C C** das äußere Gefäß, in welches die Blaſe eingetaucht iſt, **Q Q** Ablaßhähne deſſelben. **B** die Vorlage, **J** ihr Ablaßhahn, **H** der Hahn, durch welchen man gelegentlich Luft in ſie läßt. **G** die Luftpumpe, welche in der Vorlage befeſtigt iſt. **D** überall verſchloſſenes Verdichtungsgefäß, das durch die Röhre **E E** mit der Vorlage, und durch die Röhre **M** mit der Blaſe in Verbindung iſt. **F** der Hahn, durch welchen die Verbindung deſſelben mit der Vorlage geſperrt werden kann. **R** und **T** ſind die Kühlgefäße, die mit Waſſer gefüllt werden. **S** und **V** ſind ihre Ablaßhähne. Die Blaſen ſtehen in ihnen vom

Boden etwas ab auf Stützen. Die Blaſe wird mit Maiſche gefüllt, alle Hähne, welche eine Verbindung mit der äußeren Luft geſtatten, werden geſchloſſen, die Kühlfäſſer werden mit kaltem Waſſer gefüllt und eben ſo auch das Gefäß, in dem die Blaſe ſteht. Dann erhitzt man dieſes und zieht mit der Luftpumpe Luft aus der Vorlage, dem Verdichtungsgefäße und der Blaſe. Das obere kleine Gefäß am Helm der Blaſe kann man gleich mit heißem Waſſer füllen, wodurch die Deſtillation ſehr beſchleunigt wird, indem es geraume Zeit erfordern würde, bis dieſes Waſſer von dem in dem unteren Gefäße befindlichen gehörig erwärmt würde. Sobald der Schnabel oder die Röhre der Blaſe ſo heiß wird, als die Hand es leiden kann, ſo urtheilt man, daß die Dampfentwicklung angefangen hat, und erhält das Waſſerbad einige Zeit in gleicher Hitze, ſteigert ſie aber ſpäter etwas und ſorgt immer dafür, daß der Schnabel heiß bleibt, da dieſes ein Anzeichen iſt, daß die Dämpfe von der Blaſe heraufkommen.

Will man den erhaltenen Branntwein unterſuchen, ſo verſchließt man den Hahn F; läßt das Waſſer, das den Hahn H umgiebt, ab, öffnet ihn langſam, um Luft in die Vorlage einzulaſſen und läßt dann durch den Hahn I ſo viel Branntwein heraus, als man will. Iſt dieſes geſchehen, ſo verſchließt man die Hähne H und J, gießt wieder Waſſer in das Kühlgefäß T, damit der Hahn H wieder von ihm bedeckt iſt, pumpt die Vorlage wieder aus, und öffnet den Hahn F ſo, daß der verdichtete Dampf wieder in die Vorlage fließen kann.

Man kann in dieſem Apparat deſtilliren, ohne Feuer unter das Gefäß C (das Waſſerbad) zu bringen, wenn man nur heißes Waſſer von einem naheſtehenden Siedekeſſel in daſſelbe fließen läßt und es, ſo wie es ſich abkühlt, durch heißes Waſſer erneuert. In Fabriken, wo man ohnedem viel heißes Waſſer nebenbei erhält, kann man dieſes hierzu benutzen; oder man kann Waſſerdampf in das Gefäß C leiten und die Blaſe mit Dampf erwärmen. Das Waſſer in den Kühlfäſſern muß, wie gewöhnlich abfließen und erneuert werden. Die Blaſe kann mit Maiſche gefüllt werden, von einem über oder unter ihr ſtehenden Gefäße. Im letzteren Falle kann man eine Röhre in das Gefäß machen, die mit einem Hahn verſchloſſen werden kann, und durch

Digitized by Google

die Luftpumpe die Maiſche in die Blaſe heben. Heizt man die Blaſe, oder vielmehr das Waſſerbad mit bloßem Feuer, ſo iſt es beſſer, die Stützen an der Seite und nicht an dem Boden anzubringen, damit durch die Hitze, die ſie fortleiten, kein Verbrennen bewirkt wird. Man kann die Blaſe auch auf einen Kranz oder Ring in dem Waſſergefäße befeſtigen, den man durchlöchert, damit das Waſſer unter ſich in Verbindung iſt.

Die verdichteten Dämpfe kann man, wenn man will, durch eine Pumpe aus der Vorlage herauspumpen. Dieſe Pumpe muß aber eine Klappe haben, damit der Zutritt der Luft durch ſie in den Apparat verhindert werden kann. Die Luftpumpe muß ſehr gut befeſtigt werden, überhaupt muß der Apparat ſtark ſein, um den Druck der Luft, wenn innen verdünnter Raum iſt, aushalten zu können. Iſt die Luftpumpe zu groß, um mit der Hand bearbeitet werden zu können, ſo treibt man ſie mit Maſchinen. Man kann auch noch eine zweite Vorlage anbringen, wenn man es für nöthig hält, dieſe durch eine Röhre, die mit einem Hahn verſchließbar iſt, mit der erſten in Verbindung bringen und, wenn man will, eine eigene Luftpumpe an ſie befeſtigen laſſen.

Der Blaſe giebt man am beſten einen convexen Boden, da dieſer dem Druck beſſer widerſteht. Giebt man ihr aber einen concaven, ſo wird die Einwirkung der Wärme begünſtigt und man macht dann die Röhre O nicht in der Mitte, ſondern an das Ende der Blaſe. Bei großen Blaſen kann man auch Röhren mitten durch die Blaſe gehen laſſen, in welche das Waſſer oder der Dampf des Waſſerbades gehen kann, wodurch die Maſchine weit ſtärker erwärmt wird. Wenn die Gefäße von Metall gemacht werden, ſo kann man ſie, um ſie nicht ſo dick machen zu müſſen, daß die Hitze ſchwer durchdringt, durch Metallſtreifen, Andreaskreuze, ſtärker machen, und einige aufrechte Stücke von oben nach unten gehen laſſen.

Einige Jahre ſpäter gab Johann Thomas Barry in London eine Vorrichtung zum Deſtilliren im luftverdünnten Raume an und erhielt dafür am 24. Mai 1819 ein Patent. Sie iſt einfach, erfordert kein Auspumpen der Luft, keine beſondere Kühlvorrichtung und kann ohne Unterbrechung zum Deſtilliren gebraucht werden. Zugleich gewährt ſie die Vor-

Digitized by Google

theile aller Geräthe, in welchen in verdünnter Luft, oder im luftleeren Raume deſtillirt wird. Sie bedarf weit weniger Feuerung (ſ. oben), die Hitze kann weit geringer ſein und Flüſſigkeiten können daher verdunſtet, Körper getrocknet werden, die durch Hitze verändert werden, z. B. einiger Farben. Der Zutritt der Luft iſt gehemmt, und man kann daher Flüſſigkeiten unverändert eindunſten, die beim Eintrocknen in freier Luft ſich verändern, indem ſie Sauerſtoff anziehen.

Auf Taf. II. iſt der Apparat abgebildet. A die Deſtillirblaſe oder der Abdampfer, aus dem die Luft entfernt wird. b Schnabel derſelben, der durch die Röhre c mit dem Verdichter D verbunden iſt. Dieſer iſt größer als ſie ſelbſt, und die Luft kann ebenfalls aus ihm gezogen werden. E Kufe mit kaltem Waſſer, das darin ſo hoch ſteht, daß es den Lüftungshahn f und den Sperrhahn g bedeckt. h Röhre mit einem Sperrhahn i, um die in D verdichtete Flüſſigkeit abzulaſſen. k Dampfröhre mit einem Sperrhahn l. Durch ſie wird der Verdichter D aus einem Dampfgefäß mit Dampf gefüllt. N iſt ein zweiter Verdichter, der mittelſt der Röhren W und X, und des verbeſſerten Abkühlers Y mit der Deſtillirblaſe verbunden iſt. J Kühlgefäß, in dem der Verdichter N ſich befindet; es hat ſo viel Waſſer, daß der Lüftungshahn v bedeckt iſt. Z Abzugshahn, O Röhre von Eiſen, zum Theil mit Queckſilber gefüllt und mit einem Schwimmer S verſehen. Sie zeigt, indem der Schwimmer fällt und ſteigt, an, wie viel die Luft in der Blaſe A, mit der ſie Verbindung hat, verdünnt iſt.

Man verdunſtet oder deſtillirt in dieſer Geräthſchaft auf folgende Art. Es wird Flüſſigkeit in die Blaſe A gefüllt, dieſe luftdicht verſchloſſen, hierauf ſperrt man die Hähne p v z, füllt die Kufe J mit kaltem Waſſer (die Kufe E bleibt leer), ſchließt die Hähne f und g und öffnet die Hähne i und l. Nun läßt man Dampf durch die Röhre k eintreten, ſo lange, bis er den Verdichter D ganz anfüllt und die Luft durch i ausgetrieben hat. Dann ſchließt man i und ſogleich nachher l und läßt ſo viel kaltes Waſſer in die Kufe E, bis es kalt durch den Hahn m abfließt. Der Dampf verdichtet ſich in D zu Waſſer und es entſteht leerer Raum. Man öffnet nun den Hahn g, es geht ſogleich ein Theil der in der Blaſe A und dem Verdichter N enthalte-

nen Luft in den, im Verdichter gebildeten leeren Raum. Man ſchließt g wieder und öffnet l und j und wiederholt die vorige Arbeit ſo lange, bis ſo viel Luft aus A und N ausgezogen iſt, daß der Schwimmer in der Röhre um 14 Zoll fällt. Nun wird der Hahn g geſchloſſen, der Hahn i geöffnet und die Blaſe A erhitzt. Es iſt leerer Raum im Inneren, die Deſtillation geſchieht raſch und die verdichtete Flüſſigkeit ſammelt ſich in dem Verdichter N. Die Kufe E wird mit Waſſer gefüllt und der Verdichter D kann, wenn man abdampft, zur Beſchleunigung des Abdampfens mitwirken; man öffnet dann den Hahn g.

Anfangs muß man das Feuer mäßig halten, damit die Flüſſigkeit nicht in den Verdichter überſteigt. Zu dieſem Zwecke bringt man oben auf der Blaſe Glasfenſter r r an, durch welche man ſehen kann, wie die Flüſſigkeit ſiedet. Alle Theile des Deſtillirapparates müſſen ſtark ſein, um den Luftdruck aushalten und luftdicht verſchloſſen werden zu können. Um die Verſchließung vollkommen zu machen, iſt es gut, die verſchloſſenen Theile mit einer Flüſſigkeit zu umgeben, die den Zutritt der Luft hindert. Man verſieht ſie zu dieſem Zwecke mit einem vorſpringenden Rande, wie z. B. t an der Blaſe A. Gut iſt es auch, die ganze Blaſe in eine Flüſſigkeit (ein Bad) zu tauchen und durch dieſe zu heizen.

Die zu deſtillirende Flüſſigkeit kann in die Blaſe gefüllt werden, ehe ſie luftleer iſt, oder erſt nachher; letzteres iſt in den meiſten Fällen vorzuziehen. Man bringt ſie dann in eine Heberröhre, deren Schenkel mit einem Hahn p verſchloſſen wird. Taucht man dieſen Schenkel in die Flüſſigkeit und öffnet den Hahn p, ſo ſteigt ſie von ſelbſt in die luftleer gemachte Blaſe. So kann man das Gefäß wiederholt füllen, ohne daß es nöthig iſt, die Arbeit zu unterbrechen.

Der Abkühler Y iſt auf nachſtehende Art eingerichtet. Eine Tafel von verzinntem Kupfer iſt an einer ihrer beiden Flächen mit Metallknöpfen verſehen, die reihenweiſe, Fig. 2. b, jeder einen Zoll von dem anderen mit Schlagloth angelöthet und etwas abgeplattet ſind, wie a Fig. 2. Auf dieſe kommt eine zweite Tafel und die Enden beider ſind durch einen verlötheten Saum auf die bei b Fig. 2. angegebene Art verbunden. So entſteht ein flaches Gefäß, das ſo ein=

Digitized by Google

gerichtet iſt, daß die beiden Tafeln mittelſt der Knöpfe, die jedes weitere Zuſammenfahren hindern, auf einander ruhen, wenn die Luft ausgezogen iſt. In der Nähe eines der Enden des Abkühlers iſt eine Oeffnung f und an dem andern Ende eine zweite g; durch die erſte tritt der Dampf aus der Röhre ein, durch die andere aus, wenn er verdichtet iſt. Wie dieſe Oeffnungen mit der Blaſe verbunden ſind, zeigt c c c im Längendurchſchnitt Fig. 2., wo a die der Oeffnung gegenüberſtehende Vertiefung und a die Knöpfe anzeigt. Iſt die Platte 2 Fuß lang und 1 Fuß breit, ſo reicht eine Oeffnung an jedem Ende hin; iſt ſie bedeutend größer, ſo bedarf man mehrerer. Man kann ſtatt der Knöpfe auch zahnförmige Leiſten, oder Stützpunkte verſchiedener Art, z. B. Schlangenlinien von ſtarkem Draht, anbringen, da es bloß darauf ankommt, daß die Bleche durch den Druck nicht flach auf einander gedrückt werden können, und eine Menge Stützpunkte vorhanden ſind, damit ſie ſo groß und dünn wie möglich gemacht werden können und um ſo beſſer kühlen.

Uebrigens lehrte 1817 auch Prof. Turte in Berlin, im Berliniſchen Jahrbuche, im luftleeren Raume zu deſtilliren und Dr. Rommershauſen in Acken an der Elbe bot 1818 kleinere Deſtillationsapparate mit einer Pumpe verbunden, zum Deſtilliren im luftverdünnten Raume aus. Man erhält auf dieſem kleinen Apparate ein fuſelfreieres, lieblicher riechendes und alkoholreicheres Deſtillat als auf den gewöhnlichen Blaſen.

Prof. Kaſtner ſpricht in ſeinem Gewerbsfreunde III. Bd. S. 28 die Anſicht aus, daß ein mit Firniß überzogener und luftdichter Blaſebalg mit zwei Ventilen beim Deſtilliren im luftverdünnten Raume bei ſolchen Subſtanzen mit Vortheil würde zu gebrauchen ſein, bei denen das Deſtillat den Firnißüberzug des Blaſebalgs nicht angreift. Zu dieſem Ende läuft das Gefäß mit der zu deſtillirenden Flüſſigkeit in eine enge, röhrenförmige Oeffnung aus, welche luftdicht von der Röhre des einen Ventils aufgenommen wird. Wird nun das Gefäß mäßig erwärmt und der Blaſebalg in Bewegung geſetzt, ſo wird die Verdampfung, durch den Inhalt des Blaſebalgs hindurch, im luftverdünnten Raume, und daher zwar nicht in kürzerer Zeit, aber bei geringerer Wärme von ſtatten gehen.

Digitized by Google

Lebon, deſſen oben erwähnter Apparat mittelſt einer hydrauliſchen oder Queckſilberpumpe luftleer gemacht wurde, ſagt: endlich wird der Apparat dazu dienen können, mittelſt des Eiſes oder der kalten Winterluft ohne Brennmaterialien zu deſtilliren.

Kaſtner ſagt hierzu (Gewerbsfr. IV. Bnd. S. 164): Eine noch einfachere Anwendung von Wollaſton's Chryophorus auf die Deſtillation des Branntweins ohne Feuer werde ich nächſtens mittheilen — hat aber nicht Wort gehalten. Wer dieſe Anſicht weiter verfolgen will, findet über Wollaſtons Chryophorus Auskunft in jedem vollſtändigeren Werke über Phyſik.

Lebon's Apparat ſteht hinſichtlich ſeiner Wirkung, wie ſchon oben ausgeſprochen wurde, jedenfalls allen Apparaten dieſer Art nach, bei welchen eine Luftpumpe angebracht iſt, weßhalb wir ſeine Beſchreibung übergehen.

In ganz neueſter Zeit hat man die Anwendung der Luftpumpe bei der Darſtellung des Branntweins wieder in Anregung gebracht, nicht um die Deſtillation zu erleichtern, ſondern um eine ungleich größere Spiritusausbeute aus der Maiſche zu erzielen, als man bei dem gewöhnlichen Verfahren erhält. Dieſe neue verſuchsweiſe Anwendung der Luftpumpe beim Branntweinbrennen gründet ſich auf den bekannten Umſtand, daß Anweſenheit von vielem Alkohol in einer gährenden Flüſſigkeit oder Maiſche die Gährung aufhält und endlich ganz aufhebt, bevor aller Zucker in Alkohol zerſetzt iſt. Um dieſem nachtheiligen Uebelſtande vorzubeugen, iſt von dem Engländer Sheridan der Vorſchlag gemacht, den Alkohol in dem Maße, wie er ſich bei der Gährung bildet, ſofort abzuziehen. Er läßt zu dieſem Ende die Gährung in ſtarken, luftdicht geſchloſſenen Gefäßen vor ſich gehen und ſetzt dieſe mit einem Kühlapparate und einer kräftigen Luftpumpe in Verbindung, welche die etwa eindringende Luft und die ſich entwickelnde Kohlenſäure beſtändig entfernt. Bei dem ſo veränderten Luftdruck deſtillirt der Alkohol in einer Temperatur von 40 bis 44° R. ab, welche nach Sheridan dem Fortgange der Gährung nicht nachtheilig ſein ſoll, vorausgeſetzt, daß dieſe Wärme dem Gährbottich durch ein geheiztes Zimmer, und nicht durch heiße Waſſer- oder Dampfröhren mitgetheilt wird, welche letztere die ſie berührenden Hefentheilchen verbrennen oder tödten und die Gährung nach

Digitized by Google

einiger Zeit unterbrechen würden. Verſuche mit dieſer Gährung im luftleeren Raume ſind in der großen Brennerei des Herrn Currie bei London veranſtaltet und ſollen ein ſehr günſtiges Reſultat geliefert haben, indem das Quarter Korn durchſchnittlich 28 Gallons ſtatt ſonſt 21 Gallons Spiritus von der Normalſtärke (0,95 ſpec. Gew. bei 62° F.), alſo etwa 25 Procent mehr geliefert haben ſoll. Bezieht man dieſe Angaben auf preußiſches Maß und Gewicht, ſo würde der Scheffel Roggen bei der Gährung im luftleeren Raume 26,5 Quart, bei der gewöhnlichen 19,8 Quart Branntwein von 50 Proc. Tralles geben. Nach der gewöhnlichen Annahme werden von 1 Scheffel Roggen von 80 Pfund 19,2 Quart ſolchen Branntweins erhalten. Berechnet man theoretiſch die Menge Branntweins, welche aus 1 Scheffel Roggen erfolgen würde, wenn der ganze Stärkegehalt zu 60 Proc. gerechnet, vollſtändig in Zucker überginge und dieſer vollſtändig in Alkohol und Kohlenſäure zerſiele, ſo könnten höchſtens 25,9 Quart erhalten werden. Sheridan will mithin bei ſeinem Verfahren mehr Alkohol erhalten haben als theoretiſch möglich iſt, weßhalb die obigen Angaben jedenfalls als übertrieben anzuſehen ſind.

Dr. Kuhfahl in Berlin hat ermittelt, daß eine Dampfmaſchine von 5 Pferdekräften hinreichend iſt, täglich die Maiſche von 100 Scheffel Kartoffeln abzutreiben. Da nun eine ſolche Maſchine nicht ſo viel koſtet als ein kupferner Brennapparat von entſprechender Größe, und kaum halb ſo viel Brennmaterial verbraucht, als zum Abbrennen von 100 Scheffel Kartoffeln auf die gewöhnliche Weiſe nöthig iſt, ſo dürfte hierdurch allein der fabrikökonomiſche Vorzug des neuen Verfahrens feſtgeſtellt erſcheinen, ganz abgeſehen davon, daß es ein völlig fuſelfreies Produkt liefert. Jedenfalls bedarf indeſſen dieſe letzte Anſicht erſt noch der Beſtätigung durch die Praxis in Deutſchland, um zu der Gewißheit zu gelangen, ob das langſame Abtreiben bei Stubenwarme die fortwährende Unterhaltung einer Luftpumpe durch eine Dampfmaſchine und das zu beiden Bedingniſſen erforderliche Brennmaterial durch ſeine Koſten nicht den größeren Theil des auf dieſem Wege zu erzielenden Mehrgewinnes abſorbirt.

Um nach Sheridan's Methode zu arbeiten, würde man den Apparat nach Fig. 2. Taf. IV. zuſammenzuſetzen haben:

Digitized by Google

A der Maiſchbehälter, B die Luftpumpe, C das Kühlfaß. Erſterer müßte aus einem luftdichten Material, einem guten Wärmeleiter, alſo Stein oher Metall beſtehen, wobei es jedoch keinesweges erforderlich iſt, daß er mit einem Helme verſehen wird, wenn man eine größere Oeffnung anbringt, welche man eben ſo einfach luftdicht verſchließen kann.

37. Künſtlicher Blutegel.

Dr. Gouyon zu Montferrand hat einen künſtlichen Blutegel erfunden, der den natürlichen vollkommen erſetzen ſoll. Das Inſtrument, dem er den Namen **Sangsue pneumatique** gegeben hat, beſteht aus einem kleinen gläſernen Tubulus, der gegen ſeine Mitte ausgebaucht iſt und mit ſeinem einen Ende in Geſtalt eines S ausläuft. An dem breiten kurzen Ende, dem Kopfe des Blutegels, iſt ein kleiner Ring eingeſchraubt, der in ſeiner Mitte einen Dorn von 2 bis 3 Millim. Länge trägt. An der andern Seite iſt am Ende ein Hahn, durch den man es mit einer Luftpumpe in Verbindung ſetzen kann. Wird die Luft nun aus dem Inſtrumente entfernt, ſo bringt die Haut in den Ring und wird von dem Dorn verwundet. Die Wundränder der kleinen Wunde werden durch den Dorn beſtändig aus einander gehalten. Iſt das Inſtrument gefüllt, ſo entfernt man daſſelbe und wäſcht es mit warmem Waſſer aus. **(Gaz. méd. de Paris, 1847 Nr. 14.)**

38. Anwendung der verdünnten Luft und des Luftdruckes zum Treiben von Maſchinen.

Eine der wichtigſten Erfindungen des menſchlichen Geiſtes iſt die der Dampfmaſchine; ſie kann als Maßſtab zur Beurtheilung der Reſultate dienen, die den menſchlichen Scharfſinn belohnen, wenn er ſich, durch Wißbegierde und Intereſſe angetrieben, an einem Gegenſtande übet und zugleich als Beweis, mit welchem Uebermaße der göttliche Funke des Verſtandes alle körperlichen Vorzüge der Thiere erſetzt, indem der Menſch durch die Dampfmaſchine ſeine eigene ſchwache phyſiſche Kraft zu jener von tauſend zugleich ſich anſtrengenden Pferden anhaltend zu ſteigern vermag. — Dieſelbe hat in der noch ziemlich kurzen Zeit ihrer größeren Vollendung eine gänzliche Umgeſtaltung aller Gewerbs- und Verkehrsverhältniſſe bewirkt und wird noch jetzt in ihrer Er-

Digitized by Google

ſcheinung als Locomotive von den mit Naturwiſſenſchaften nicht vertrautem Theile des Volkes als ein unergründliches Wunder angeſtaunt.

Nichts deſto weniger aber läßt ſich auf den Grund des ſeit Anfang dieſes Jahrhunderts entwickelten rieſenmäßigen Fortſchrittes der Naturwiſſenſchaften und ihrer, mit wirklich bewundernswürdigem Erfolge gekrönten Anwendungen auf das praktiſche Leben mit ziemlicher Wahrſcheinlichkeit annehmen, daß auch der Dampf ſeine Rolle ausſpielen wird, daß eine Zeit nicht fern iſt, wo er ſeine Siebenmeilenſtiefel, womit er bisher wie im Fluge die Welt durchſchritt, ausziehen wird, um ſich einer anderen, wenn auch nicht mächtigern, jedoch in ihrer Anwendung ungleich vortheilhafteren Naturkraft abzutreten. Dieſe Kraft, welche dem Dampfe den Rang ſtreitig machen und ſeine Weltbeherrſchung ohne allen Zweifel einem unfehlbaren Ende zuführen wird, iſt die atmoſphäriſche Luft. Dieſelbe bedarf, wollen wir hier nur diejenige Anwendung derſelben betrachten, in welcher ſie der Dampfmaſchine ähnlich wirkt, ungleich weniger Wärme und folglich Aufwand an Brennmaterial zu ihrer Expanſion und Aeußerung ihrer Wirkſamkeit als der Dampf. Dieſer muß erſt unter Aufnahme bedeutender Wärmemengen aus Waſſer erzeugt und dann noch, um erſt durch ſeine Spannung Wirkſamkeit äußern zu können, ferner erhitzt werden, wodurch ſein Druck denjenigen der Atmoſphäre im gleichen Verhältniſſe mit ſeiner Temperatur mehr oder weniger übertrifft.

Anders verhält es ſich mit der Luft, ihr darf nicht erſt durch Erwärmung die Fähigkeit, ſich auszudehnen, ertheilt werden, vielmehr erfolgt bei ihr dieſe Ausdehnung in gleichem Maße mit der Erwärmung ſofort. Dieſer vortheilhafte Umſtand gab denn auch zeither ſchon zu zahlreichen Verſuchen Veranlaſſung, die Ausdehnungsfähigkeit der Luft ſtatt jener des Dampfes zum Treiben von Maſchinen zu benutzen. Wenngleich nun dieſelben bis jetzt noch nicht mit einem völlig genügenden Erfolge gekrönt wurden, ſo berechtigen ſie doch zu der Erwartung, daß dieſes einſt der Fall ſein wird; daß viele dabei auftretende Schwierigkeiten noch gelöſt und aus ihrem Bereiche die Maſchinen der Zukunft erſtehen werden.

Die Grundſätze, nach welchen die erhitzte Luft zum Treiben von Maſchinen verwendbar ſein wird, müſſen we-

Digitized by Google

gen ihrer mit dem Dampfe ganz analogen Wirkung denen der Dampfmaſchinen ziemlich gleich ſein, und muß eine Kenntniß derſelben bei allen denjenigen, welche ihre Kräfte an der Löſung des in Rede ſtehenden Problems verſuchen oder üben wollen, vorausgeſetzt werden. Es läßt ſich zwar nicht in Abrede ſtellen, daß auch noch andere Principien möglicher Weiſe dabei mit Vortheil werden zu Grunde gelegt werden können, indeſſen werden die bei Dampfmaſchinen gegenwärtig allgemein üblichen und in der Praxis bereits bewährten einſtweilen als ſichere Führer dienen.

Wir beſchränken uns hier auf Mittheilung der hauptſächlichſten über dieſen Gegenſtand bisher gemachten Angaben und verſchieben eine Abhandlung über die Anwendung der comprimirten Luft als Triebkraft bis zum nächſten Abſchnitte, wo von der Benutzung der comprimirten Luft in den Gewerben überhaupt die Rede ſein wird.

In Dundee in England ſoll mit dem größten Erfolge eine Maſchine in Thätigkeit ſein und vieles Aufſehen erregen. Im Weſentlichen beſteht dieſelbe aus drei geſchloſſenen, oben mit Stopfbüchſen verſehenen Cylindern. Die eingeſchloſſene und beliebig, aber in beiden Cylindern gleichmäßig comprimirte Luft wird abwechſelnd erwärmt und wieder abgekühlt. Dadurch wird ihre Spannkraft in entſprechendem Maße vermehrt und vermindert, und mit dem Druck, der aus der Differenz der gleichzeitig von beiden Cylindern obwaltenden Spannungen ſich ergiebt, die Kolben in dem dritten Cylinder bewegt.

Der Verbrauch des Brennmaterials bei dieſer indeſſen nicht weiter beſchriebenen Maſchine ſoll im Vergleich mit dem zur Heizung einer Dampfmaſchine von gleicher Kraft erforderlichen ſehr gering ſein. Sie arbeitet mit 26 Pferdekräften und macht 30 Umgänge in der Minute, dabei verbraucht ſie 5 Pfund Kohlen, während die früher dort aufgeſtellt geweſene gleich ſtarke Dampfmaſchine 26 Pfund conſumirte.

Wenn ſich dieſe Angaben in allen Theilen beſtätigen, ſo wäre damit unſere oben geſchehene Bemerkung über die Ermanglung eines genügenden Erfolges der Verſuche, Maſchinen mit erhitzter Luft zu treiben, zum Theil entkräftet, und würde gänzlich widerlegt ſein, wenn über die in Rede ſtehende Maſchine ſpeciellere Details vorlägen.

Digitized by Google

Director Prechtl in Wien gab ſchon im erſten Bande der Jahrbücher des polytechniſchen Inſtituts eine Abhandlung über die bis zum Erſcheinen derſelben bekannt gewordenen Leiſtungen in dieſem Felde und verbindet damit zugleich eine Erläuterung der Vortheile, welche Luftmaſchinen gegenüber den Dampfmaſchinen gewähren würden.

Wir laſſen dieſelbe hier folgen. In den Dampfmaſchinen iſt der Aufwand an Brennſtoff, den in der Conſtruction des Ofens bedingten Wärmeverluſt bei Seite geſetzt, von der Wärmemenge abhängig, welche zur Verwandlung des Waſſers in Dampf von einer beſtimmten Expanſivkraft erfordert wird. Da bei der Bildung des Waſſerdampfes eine ſehr bedeutende Menge Wärme gebunden wird, ſo daß nämlich der Waſſerdampf von 80 Grad R. ſo viel gebundene Wärme enthält, daß dieſe Wärme, wenn ſich der Dampf zu ſiedend heißem Waſſer condenſirt, ein 5½ Mal ſo großes Gewicht eiskalten Waſſers bis zum Siedepunkte zu erhitzen vermöchte; die Ausdehnung der Luft aber bis zur Vermehrung ihrer Elaſticität auf einen gewiſſen Grad verhältnißmäßig weniger Wärme erfordert, weil hier die Wärme bloß auf die Ausdehnung, nicht aber, wie beim Dampf, auf die Herſtellung einer neuen Form verwendet wird, ſo läßt ſich ſchon im Allgemeinen erkennen, daß eine Maſchine, bei welcher die bewegende Kraft die Ausdehnung der erhitzten Luft iſt, für gleiche Wirkung weniger Brennmaterial erfordern müßte, als eine Dampfmaſchine.

Es werde durch eine hinreichende Menge Wärme ein Pfund eiskaltes Waſſer in Dampf von 80 Grad R. verwandelt, der ſogleich dem mittleren atmoſphäriſchen Drucke das Gleichgewicht hält, ſo beträgt dieſer Dampf 30 Kubikfuß, der alſo einen Raum von 1 Quadratfuß Grundfläche und 30 Fuß Höhe ausfüllt. Wird dieſer Dampf vollſtändig condenſirt, ſo beträgt der mittlere Druck der Luft auf jeden Quadratfuß, welchen man ſich als die Fläche des Kolbens, der ſich in jenem Raume durch die Wirkung des Luftdruckes nieder bewegt, anſehen kann, 1800 Pfund, in dieſem Falle iſt daher die mechaniſche Wirkung = 1800 × 30, oder 1800 Pfund auf die Höhe von 30 Fuß gehoben. Nehmen wir nun an, die Wärme, welche zur Hervorbringung dieſer Wirkung erforderlich war, werde zur Erhitzung von Luft verwendet, ſo ergiebt ſich Folgendes. Die Wärme, welche

Digitized by Google

nöthig iſt, um jene 30 Kubikfuß Waſſerdampf aus einem Pfunde eiskalten Waſſers hervorzubringen, reicht hin, um 6,5 Mal ſo viel eiskaltes Waſſer bis zum Siedepunkte zu erhitzen. Da ſich die ſpecifiſche Wärme der Luft zu jener des Waſſers wie 0,267 zu 1 verhält, ſo kann daher durch eben dieſelbe Quantität Wärme eine Maſſe von

$\frac{6,5}{0,267} = 24,34$ Pfund Luft von der Temperatur des Eispunktes und der Elaſticität des mittleren Luftdruckes auf die Temperatur der Siedehitze gebracht werden. Bei dieſer Temperaturerhöhung vermehrt ſich der Umfang der Luft bei gleichbleibender Elaſticität um 0,375. Nun betragen aber 24,34 Pfund Luft bei 0° R. und 28″ B. 332,28 Kubikfuß, folglich iſt die Vermehrung ihres Umfanges = 332,28 × 0,375 = 124,6 Kubikfuß, oder ein Raum von 1 Quadratfuß Grundfläche (die Fläche des Kolbens), auf welche ſie mit 4800 Pfund drückt, vor ſich her geſchoben; ſo iſt in dieſem Falle die Wirkung = 1800 × 124,6 oder 1800 Pfd. anf 124,6 Fuß gehoben. Bei gleicher Quantität von Wärme, folglich von Brennmaterial, verhält ſich daher die Wirkung bei der Anwendung des Waſſerdampfes zu jener bei der Anwendung der erhitzten Luft wie 30 : 124,6, oder letztere iſt mehr als 4 Mal größer als erſtere.

Berückſichtigt man die verbeſſerte Einrichtung der Dampfmaſchine durch die Anwendung des Expanſionsprincips, bei welcher dadurch, daß der Cylinder nur zum Theil mit Dampf gefüllt wird, für die gewöhnlichen Fälle an ein Dritttheil des Dampfes für gleiche Wirkung erſpart werden kann, ſo würde dennoch durch die Anwendung der erhitzten Luft als bewegende Kraft, bei gleichem Brennſtoffaufwande, ein wenigſtens drei Mal ſo großer Effect, als bei der Anwendung des Dampfes in der Dampfmaſchine erhalten werden können. Dieſer bedeutende Vortheil macht die Anwendung der erhitzten Luft als bewegende Kraft zu einem würdigen Gegenſtande mechaniſcher Unterſuchungen. Die Ausführung einer Maſchine nach dieſem Princip, deren Mechanismus nicht, oder nicht viel complicirter wäre als jener der Dampfmaſchine, würde eine wichtige Bereicherung des Maſchinenweſens ſein. Die Ausführung iſt jedoch mit Schwierigkeiten verbunden, welche, einiger bereits angeſtellten Verſuche ungeachtet, noch nicht überwunden ſind. Es läßt

Digitized by Google

ſich jedoch um ſo mehr erwarten, daß der mechaniſche Scharfſinn auch hierin ſein Ziel erreichen werde, als dieſer Gegenſtand noch zu neu und im Ganzen zu wenig bearbeitet iſt, als daß ſich aus den bisherigen Verſuchen etwas Beſtimmtes ableiten ließe.

Die Herren Niepce führten im Jahre 1806 in Paris zuerſt eine kleine Maſchine aus, von ihnen Pyreolophore genannt, in welcher die erhitzte Luft als bewegende Kraft wirkte. Dieſe Maſchine beſteht aus einem ſtarken, auf einem Geſtelle wohl befeſtigten, von allen Seiten wohl verſchloſſenen Recipienten, welcher von der einen Seite eine Oeffnung hat, an welcher ein mit einem Kolben verſehener Cylinder befeſtigt iſt, an der anderen Seite befindet ſich eine kleine Oeffnung mit einem daran gelötheten Rohre. Das offene Ende dieſer Röhre iſt mit dem Mundſtücke oder der Dille eines Blaſebalgs in Verbindung. Zwiſchen dieſer Dille und dem Recipienten ſind in der Röhre zwei kleine Oeffnungen angebracht, die eine, näher an der Dille, iſt beſtimmt, eine feine, leicht verbrennliche Subſtanz, z. B. Bärlapſamen, Semen Lycopodii, aufzunehmen; die andere, welche näher an dem Recipienten liegt, befindet ſich über der Spitze der Flamme auf einer kleinen Lampe; beide Oeffnungen ſind mit Ventilen verſehen. Iſt nun durch die erſte Oeffnung von der brennbaren Subſtanz eine angemeſſene Quantität in die Röhre gebracht worden, wird ſonach der Blaſebalg niedergedrückt, und in dem Augenblicke die Spitze der Lichtflamme durch die zweite kleine Oeffnung gebracht; ſo wird der brennbare Staub, der von dem Windſtoße durch die Röhre hindurch fortgeführt wird, über der Spitze der Lichtflamme entzündet, und in dieſem brennenden Zuſtande in den mit Luft angefüllten Recipienten getrieben. In dieſem Augenblicke ſchließen ſich die Klappen der erwähnten beiden Oeffnungen; durch die brennende Subſtanz wird die Luft in dem Recipienten erhitzt und ausgedehnt, der Kolben des Cylinders vorwärts geſtoßen, und die mit demſelben in Verbindung gebrachte Laſt in Bewegung geſetzt. Das Zurückführen des Kolbens in ſeine vorige Lage, das Einbringen des entzündlichen Pulvers in einer nach der Capacität des Recipienten angemeſſenen Quantität, das Einführen der Lampenflamme in die zweite Oeffnung und das

Digitized by Google

Schließen der Klappen nach eingeleiteter Entzündung wurde übrigens durch die Maſchine ſelbſt verrichtet.

Nach jedem Spiel der Maſchine war es nothwendig, die in dem Recipienten befindliche, durch die Verbrennung des Lycopods verdorbene Luft wegzuſchaffen, weil beim folgenden Spiel keine Verbrennung mehr in derſelben, daher keine Erhitzung und Wirkung erfolgt ſein würde. Die Hr. Niepce bewirkten dieſes durch eine, in dem cylinderförmigen Recipienten angebrachte, auf die Achſe deſſelben ſenkrechte Scheidewand, welche ſich nach beendigter Wirkung nach der Länge deſſelben bewegte, und die warme Luft durch mehrere in dem Recipienten angebrachte und mit Klappen verſehene Oeffnungen austrieb, während von der anderen Seite friſche atmoſphäriſche Luft hinzutrat.

Bei den mit dieſer Maſchine angeſtellten Verſuchen fand es ſich, daß ihre Wirkung beinahe ganz aufhörte, nachdem die Luft in dem Zimmer, wo ſie aufgeſtellt war, durch die Reſpiration einer großen Zahl anweſender Perſonen zum Verbrennen untauglicher geworden war (!?); daß ſie aber ihre Wirkung in dem Augenblicke wieder erhielt, als man ein Fenſter und die gegenüberſtehende Thür geöffnet hatte. Statt des Bärlapſamens konnte als Brennmaterial übrigens auch gepulverte und mit etwas gepulvertem Harz vermengte Steinkohle angewendet werden. Fein gepulverte Holzkohlen, getrocknete und fein gepulverte Sägeſpäne, Mehl ꝛc. würden übrigens wahrſcheinlich auch brauchbar ſein.

Die Herren Berthollet und Carnot haben im December 1806 über dieſe Maſchine einen vortheilhaften Bericht erſtattet. Ueber die Größe der Wirkung der Maſchine wurden keine genauen Verſuche angeſtellt. Die Bewegungen derſelben waren ſtark und heftig und die Maſchine, welche etwa 300 Pfund wog, erhielt bei jedem Spiele, wozu bloß 5 bis 6 Gran des Brennmaterials erforderlich waren, heftige Erſchütterungen. Dieſer Verſuch zeigte allerdings die Anwendbarkeit und Nützlichkeit des Princips. — Die Maſchine ſelbſt war noch zu unvollkommen, in ihrem Gange zu unſicher, als daß praktiſche Anwendungen im Großen hätten davon gemacht werden können. Die Brüder Niepce nahmen auf dieſe Maſchine ein Patent, das im Jahre 1817 erloſch; es ſcheint jedoch nicht, daß ſie ſich

Digitized by Google

mit der Vervollkommnung ihrer Maſchine weiter beſchäftigt hätten.

Im Jahre 1809 erfand Herr Cagniard-Latour, ehemaliger Zögling der polytechniſchen Schule in Paris, eine Maſchine, in welcher die Ausdehnung der erwärmten Luft gleichfalls die bewegende Kraft iſt. Ihr Mechanismus gründet ſich darauf, daß kalte Luft durch warmes Waſſer ſtreicht, und durch ihre Erwärmung in demſelben ein größeres Volumen einnimmt, folglich eine größere auffſteigende Kraft erhält, als diejenige, welche nöthig iſt, dieſelbe Luft im kalten Zuſtande unter eine gleich hohe Waſſerſäule zu bringen. Dieſe Maſchine beſteht aus einem Gefäße, in welchem heißes Waſſer ſich befindet, das Waſſer kann entweder unmittelbar in dieſem Gefäße durch äußeres Feuer erhitzt werden, oder aus einem zweiten Keſſel in daſſelbe zufließen. Um auf den Boden dieſes Gefäßes die kalte Luft von außen zu bringen, dient eine archimediſche Schraube oder Spiralpumpe, welche in einem zweiten, mit kaltem Waſſer angefüllten Gefäße dergeſtalt eingetaucht iſt, daß die obere Oeffnung der Spirale aus dem Waſſer hervorragt, ſo daß bei der Umdrehung dieſe, wie bei dem Gange der Spiralpumpe, bald in das Waſſer eintaucht, bald aus demſelben hervortritt. Vermittelſt dieſer Pumpe wird nun die Luft auf den Boden des Gefäßes mit kaltem Waſſer gebracht, von wo ſie durch eine Röhre auf den Boden des mit heißem Waſſer angefüllten Gefäßes geleitet wird. Hier dehnt ſie ſich durch die Wärme des Waſſers aus, und ſetzt, indem ſie aufwärts ſteigt, ein vertikales Rad in Bewegung, welches in dieſem heißen Waſſer aufgeſtellt iſt. Dieſes Rad iſt mit Zellen, wie ein oberſchlächtiges Waſſerrad verſehen, und von allen Seiten mit dem warmen Waſſer umgeben. Die durch die Wärme ausgedehnte und mittelſt eines metallenen Zwiſchenbodens auf dem Grunde des Gefäßes angeſammelte Luft ſtrömt durch eine Oeffnung aus, welche ſo angebracht iſt, daß die von ihr ausſtrömende Luft von niederwärts gerichteten Zellen des Rades aufgefangen wird. Dadurch wird die Seite des Rades, auf welcher ſich dieſe mit Luft gefüllten Zellen befinden, leichter als die entgegengeſetzte, deren aufwärts ſtehende Zellen mit Waſſer gefüllt ſind und das Rad dreht ſich daher ſo lange herum, als dieſer Zufluß dauert. An die Welle dieſes Rades kann nun

Digitized by Google

die in Bewegung zu ſetzende Laſt angebracht werden; vermittelſt einer Seitenverbindung wird durch eben dieſe Welle die Spiralpumpe in Bewegung geſetzt.

Die Herren de Prony, Charles, Montgolfier und Carnot ertheilen in einem im Mai 1809 erſtatteten Berichte dieſer neuen Maſchine, welche Cagniard im Kleinen ausgeführt hatte, gerechtes Lob und halten die Anwendung derſelben bei vielen Gelegenheiten für ſehr nützlich. Da zur Wirkung derſelben nur ein bis auf 75° C. und noch geringer erhitztes Waſſer nothwendig ſei, ſo könne man dazu das warme Waſſer benutzen, das in mehreren Manufacturen überflüſſig vorhanden ſei und zum Theil weggeſchüttet werde. Cagniard's Maſchine könne z. B. in den Salzſiedereien dazu verwendet werden, um die Pumpen zur Speiſung der Keſſel in Bewegung zu ſetzen. Bei Dampfmaſchinen ſelbſt könne man das aus der Condenſation entſtehende warme Waſſer noch für dieſe Maſchine benutzen, und dadurch noch die Kraft von mehreren Menſchen und Pferden hervorbringen; endlich wäre dieſe Maſchine den Bädern, Branntweinbrennereien, Schmelzwerken, und in allen Anſtalten, wo warmes Waſſer oder Feuer vorhanden ſei, anwendbar; dazu habe ſie zu wenig Reibung und bedürfe ſelten der Reparatur.

Der Nutzeffect dieſer Maſchine iſt der durch die Wärme bewirkten Ausdehnung proportional. Bei der Wärme des Waſſers von 75° R. wird die Ausdehnung der Luft etwa $\frac{1}{3}$; die Kraft, welche folglich auf das Einpumpen der Luft durch die Waſſerſchraube verwendet wird, verhält ſich zu jener, welche durch das Aufſteigen der erwärmten Luft hervorgebracht wird, wie 3 : 4; der Nutzeffect iſt daher $\frac{1}{4}$ des Totaleffects. Hieraus folgt, daß dieſe Maſchine ſehr bedeutende Dimenſionen haben müſſe, wenn ſie beträchtliche Wirkungen hervorbringen ſoll. Uebrigens iſt ihr Princip ſinnreich, auf richtige phyſikaliſche und mechaniſche Grundſätze gebaut, es wird bei der geringen, noch durch das verminderte Gewicht der im Waſſer eingetauchten bewegten Theile verminderten Reibung ſehr wenig Kraft verloren, und es kann wahrſcheinlich in mehreren Fällen von demſelben eine nützliche Anwendung gemacht werden.

Das Queckſilber wäre, wenn es im Großen anwendbar wäre, für dieſe Maſchine ſtatt des Waſſers ein ſehr

Digitized by Google

vorzügliches Material, ſowohl, weil es viel ſtärker (bis zu 250° R.) erhitzt werden kann, bevor es ſiedet, als auch, weil es eine viel (21 Mal) geringere ſpecifiſche Wärme hat als das Waſſer. Geſetzt, das Queckſilber habe bei der Wirkung der Maſchine eine Wärme von 215° R.; ſo wird die Ausdehnung der Luft das Doppelte, folglich der Nutzeffect die Hälfte des Totaleffects.

Ein neuerer Verſuch, die durch Feuer expandirte Luft als bewegende Kraft zu benutzen, iſt eine von Montgolfier und Dayme in England erfundene und im März 1816 patentirte Maſchine, deren Beſchreibung ſich im **Repertory of arts and manufactures**, April 1818, befindet. — In dieſer Maſchine ſtreicht die Luft über einem, in einem ſtarken verſchloſſenen Gefäße befindlichen Kohlenfeuer; wird hier, indem ſie zugleich die Verbrennung unterhält, wobei ſich das Sauerſtoffgas der atmoſphäriſchen Luft zum Theil in kohlenſaures Gas verwandelt, ſtark, bis zur Glühhitze erhitzt und ausgedehnt, und wirkt ſonach mit einem Stoß auf eine Waſſerſäule, welche in die Höhe gedrückt wird.

Das Brennmaterial wird in das verſchloſſene Gefäß vermittelſt eines in einem Cylinder luftdicht beweglichen Kolbens eingebracht, und durch eine ähnliche Vorrichtung die Aſche aus demſelben entfernt. Die Bewegung des Waſſers in dieſer Maſchine hat übrigens Aehnlichkeit mit jener im hydrauliſchen Widder. Die Maſchine iſt ſinnreich angeordnet, aber complicirt, und im Großen ſchwer auszuführen und gangbar zu erhalten; überdem geht in derſelben durch die Stöße und die abwechſelnden entgegengeſetzten Bewegungen des Waſſers viel an Kraft verloren. Es ſcheint daher nicht, daß auf dieſem Wege von dem Princip der Ausdehnung der erhitzten Luft ein Gebrauch gemacht werden könne, welcher rückſichtlich der Erſparung an Brennmaterial der Anwendung der Dampfmaſchine vorzuziehen wäre.

Die Art der Erhitzung der Luft, indem ſie durch Kohlenfeuer ſtreicht, und zugleich zur Unterhaltung deſſelben dient, ſcheint übrigens zweckmäßig zu ſein, da die Luft in dieſem Falle die Glühhitze erhält, ohne durch die Verbrennung eine Verminderung ihres Umfangs zu erleiden, da die Kohlenſäure mit dem Sauerſtoffgas, woraus ſie entſteht, denſelben Umfang behält; nur muß für dieſen Fall ein hinreichend einfacher und haltbarer Apparat ausgedehnt werden.

Digitized by Google

Das Verbrennen einer pulverigen Subſtanz in dem einge-ſchloſſenen Raume, wie in der oben beſchriebenen Maſchine der Gebrüder Niepce, leiſtet dieſelbe Wirkung. Außer dieſen Mitteln bleibt noch die Erhitzung der Luft in dem Recipienten durch Anbringung eines äußeren Feuers an demſelben übrig.

Im Jahre 1824 erhielt Samuel Brown in England ein Patent auf eine Maſchine, bei welcher nach der Art der oben beſchriebenen atmoſphäriſchen Dampfmaſchine ſtatt mittelſt Dampf durch Einleiten brennbaren Gaſes in zwei mit Stengeln verſehenen Cylindern ein luftleerer Raum erzeugt wird, wodurch die Kolben abwechſelnd gehoben und dann durch den atmoſphäriſchen Luftdruck wieder nieder getrieben werden. Später haben Burdin und Breſſon ähnliche Anwendungen von der erhitzten Luft gemacht. Erſterer conſtruirte 1825 eine Maſchine, in welcher die vorher mit 3 Atmoſpären zuſammengepreßte Luft in einem Herde erwärmt wurde, ſich ausdehnte, ohne ihre Elaſticität zu verlieren und dann auf einen Piſton wirkte bis zu ihrer Abſpannung auf eine Atmoſphäre. Dieſe Maſchine von einem ſechs Mal bedeutendern Effecte als die beſten Dampfmaſchinen, habe jedoch mehrere Nachtheile gezeigt, welche ſich noch lange der Anwendung der erwärmten Luft als Bewegungskraft entgegenſtellen würden. 1) Die ſehr heiße Luft verändert den Cylinder, den Stempel, den Hahn und das Ventil dergeſtalt, daß bald der Stempel nicht mehr luftdicht in den Cylinder paßt. 2) Da man kein Fett zur Verminderung der Reibung anwenden kann, ſo leiden die Theile auch ſehr durch die Reibung. 3) Die Luft führt feine Aſche mit ſich, wodurch die inneren Theile verſtopft werden. 4) Die Einbringung des Brennmaterials macht bedeutende Schwierigkeiten. Uebrigens verzweifelt Breſſon, der bereits mehrere Verſuche zur Ueberwindung dieſer Hinderniſſe gemacht hat, nicht an der endlichen Beſiegung derſelben.

Die Grenzen dieſes Werkes erlauben nicht, dieſen Gegenſtand noch weiter auszuführen, da derſelbe allein eine eigene Schrift hinlänglich ausfüllen würde, wir müſſen uns vielmehr damit begnügen, auf die Vortheile, welche die Anwendung der verdünnten Luft als Triebkraft gewähren kann, aufmerkſam gemacht zu haben.

Digitized by Google

Dritter Abſchnitt.

Von der Benutzung der comprimirten Luft in den Gewerben.

Obgleich der Begriff Luftdruck immer derſelbe bleibt, es werde darunter ein Druck von ein, zwei oder mehreren Atmoſphären verſtanden, ſo haben wir doch, zur Erleichterung der Ueberſicht und wegen der zur Hervorbringung eines ſtarken Luftdruckes von mehreren Atmoſphären nothwendig veränderten Mittel, der Anwendung des erſteren einen eigenen Abſchnitt zu widmen für nöthig erachtet. Wenn im vorigen Abſchnitte bereits mehrere Operationen beſchrieben wurden, bei denen der Luftdruck wirkſam iſt, ſo beſchränken ſich dieſelben ſtets nur auf den einſeitigen Druck der Atmoſphäre, welcher durch vorhergehende Luftverdünnung hervorgebracht wird, während der gegenwärtige Abſchnitt ausſchließlich nur die Anwendungen des durch Waſſerdruck oder Compreſſionspumpen hervorgebrachten, höher geſpannten, Luftdruckes enthalten ſoll.

1. Die Windbüchſe.

Eine der älteſten und erſten Anwendungen der comprimirten Luft iſt die zum Schießen mittelſt der Windbüchſe. Nach Murr ſoll Hans Lobſinger im Jahre 1560 die Windbüchſe erfunden haben, jedoch behauptet Muſchenbroek, daß ſchon im Jahre 1474 in der Gewehrkammer eines gewiſſen Herrn v. Schmettau eine, wenn auch noch ſehr unvollkommene Windbüchſe befindlich geweſen ſei, und nach Marſenne ſoll ſchon im Jahre 1704 eine ſolche von dem franzöſiſchen Künſtler Marin zu Liſieux für König Heinrich IV. verfertigt worden ſein. Bei den Windbüchſen Fig. 6 und 7. Taf. VI. wird die Luft in einem eigenen ſtarken metallenen Gefäße, das mit dem Rohre in Verbindung iſt, zu einem ſo hohen Grade verdichtet, daß man damit faſt eben ſo weit und kräftig, wie mit Feuergewehren, 20 bis 40 Mal hinter einander ſchießen und bleierne Kugeln durch dicke Bretter treiben kann. In Fig. 6. wird die Compreſſionspumpe unten bei 7 oben angeſchraubt. — Das Verdichtungsgefäß, die Windkammer, aus Kupfer

Digitized by Google

oder Schmiedeeiſen verfertigt, macht den Kolben der Windbüchſe aus, gewöhnlich iſt dieſelbe noch mit Holz überzogen, damit ſie das Anſehen eines Gewehrkolbens erhalte. Unten bei a und oben bei b hat ſie eine mit einem hineinwärts ſich öffnenden Ventile verſchloſſene Oeffnung. Durch den Druck kräftiger metallener, gewöhnlich ſchraubenförmiger Federn erhalten dieſe Ventile einen ſtarken Schlüß. Oben bei b iſt das Gefäß an einem hölzernen Schafte heraus mit dem Rohre des Gewehres verbunden, in die untere Oeffnung a kann die Compreſſionspumpe angeſchraubt werden.

Letztere beſteht aus einer genau cylindriſch ausgebohrten eiſernen Röhre C D, worin ein mit geöltem Leder überzogener Kolben c, wie ein Spritzenkolben, an einer Stange auf und nieder geſchoben werden kann. Iſt letzteres der Fall, ſo communicirt die äußere atmoſphäriſche Luft mit dem ganzen inneren Raume der Röhre C D. Drückt man den Kolben bis c in der Röhre hinunter, ſo preßt man die in letzterer enthaltene Luftſäule zu der Ventilöffnung a hindurch in die Windkammer hinein. Die Luft darin iſt alſo ſchon jetzt etwas verdichtet. Zieht man den Kolben wieder bis über d zurück, ſo füllt ſich die Röhre C D wieder mit Luſt, die man durch Hinunterdrücken des Kolbens abermals in die Windkammer A ſtößt. Je mehr man dieſes Pumpen fortſetzt, deſto dichter wird die Luft in A. Es geht daſſelbe natürlich immer ſchwerer, weil dann die ſchon ſtark verdichtete Luft dem Ventile a beim Oeffnen Widerſtand leiſtet.

Man darf die Verdichtung nicht zu weit treiben, weil ſonſt die Spannung der Luft zu groß und das Gefäß zerſprengt werden würde. Gewöhnlich weiß man, wie viel Mal man den Stempel niederdrücken darf, und bei guten Windbüchſen beträgt die Zahl der Stöße 60 bis 80. Befindet ſich in der Windkammer, um das Ventil geſchmeidig zu erhalten, ſtatt Waſſer etwas Oel, ſo entzündet es ſich beim Pumpen (ſ. pneumatiſches Feuerzeug), zerſprengt dieſelbe und ſetzt den Arbeiter in Lebensgefahr.

Nach Vollendung des Pumpens ſchraubt man die Röhre C D von der Windkammer wieder ab. Läge nun in dem Laufe B vor dem Ventile b eine Kugel, ſo würde dieſe von der ausdehnenden Kraft der verdichteten Luft gewaltſam fortgeriſſen, ſobald ſich das Ventil öffnete. Dieſes

Digitized by Google

Oeffnen geſchieht durch einen luftdicht in der Röhre angebrachten Stecher, welcher mit dem Flintenſchloſſe, an welchem nur zum Schein eine Pfanne mit Hahn und Stein ſich befindet, in Verbindung ſteht. Durch Abdrücken am Schloſſe öffnet der Stecher das Ventil auf einen Augenblick, um nur ſo viel verdichtete Luft herauszulaſſen, als zum Forttreiben der Kugel nöthig iſt. Iſt die Luft bis auf das Hundertfache comprimirt, ſo kann eine Kugel von ⅜ Zoll Durchmeſſer mit einer Geſchwindigkeit von etwa 600 Fuß fortgetrieben werden. Da jedes Mal nur wenig Luft verbraucht wird, ſo kann eine beträchtliche Zahl von Schüſſen nach einander geſchehen, jedoch iſt es einleuchtend, daß die Kraft mit jedem Schuſſe abnimmt.

Die Ventile ſind in den Windbüchſen gewöhnlich Kegelventile, wo in einer kegelförmigen Höhlung ein maſſiver meſſingener Kegel ſo liegt, daß er feſt hineinſchließen, aber auch ſo weit emporgehoben werden kann, daß die Luft durch die Oeffnung hindurch zu ſtreichen vermag. Ein Knopf an einem kleinen Stiele, der durch einen Steg geht, ſetzt dem zu weiten Emporgehen die gehörigen Grenzen.

2. Der Heronsball, der Heronsbrunnen und Höll's Luftmaſchine.

Der Heronsball iſt in Fig. 8. Taf. VI. abgebildet, von Heron in Alexandrien erfunden und zuerſt in ſeinen **Libris spiritualium** beſchrieben; er kann bei Compreſſionsfontainen und Waſſerkünſten Anwendung finden. Die Röhre **a c** iſt in die hohle kupferne Kugel eingekittet, ſie kann bei **b** durch einen Hahn verſchloſſen werden, endigt ſich bei **a** in eine ſubtile Oeffnung, und reicht faſt bis auf den Boden des Gefäßes. Wird die Kugel mit Waſſer gefüllt, dann durch eine Compreſſionspumpe Luft hineingetrieben, ſo wird nach Oeffnung des Hahns die comprimirte Luft das Waſſer mit Gewalt in die Röhre **c a** hinauftreiben und in die freie Luft ſpritzen. Statt der Kugel kann übrigens jeder beliebige andere luftdichte Behälter angewendet werden, und wenn darin die Luft einen Druck von 5 bis 6 Atmoſphären erreicht, kann man das Waſſer auf 100 Fuß und höher treiben.

In dem in Fig. 9. abgebildeten Heronsbrunnen oder Springbrunnen des Heron wird die Luft durch Waſſerdruck

Digitized by Google

comprimirt. Von den beiden luftdichten, am beſten aus Blech verfertigten Gefäßen A und B iſt, iſt das obere mit einem Deckel verſchloſſen, der einen etliche Zoll hohen Rand hat. Aus einer Oeffnung dieſes Gefäßes tritt eine Röhre G H hervor, dieſe Röhre iſt entweder eingelöthet oder eingeſchraubt. In letzterem Falle bedarf der Deckel noch eine andere Oeffnung, durch welche man das obere Gefäß A mit Waſſer füllen kann. Wenn dieſe Oeffnung verſchloſſen iſt, ſo gießt man noch etwas Waſſer auf den Deckel, das wegen des Randes bloß durch die in dieſem Deckel ſich öffnende Röhre C D in das untere Gefäß B hinabfließt und zwar ſo lange, bis es die untere Oeffnung D dieſer Röhre, die nur wenig vom Boden des Gefäßes abſteht, bedeckt hat. Alsdann fängt das Waſſer an in dem oberen Gefäße A aus der Röhre G H lebhaft hervorzuſpringen, und dieſes Springen dauert ſo lange, bis die Oeffnung G der Röhre H G wieder vom Waſſer frei wird.

Die Urſache hiervon iſt leicht zu erklären. Das über die Oeffnung D geſtiegene, obgleich wenige Waſſer wird von dem durch die Röhre C D herabſinkenden Waſſer mit einer großen Gewalt gedrückt, die aus der Höhe der Röhre und der Oberfläche B M zu ſchätzen iſt. Durch dieſen Druck wird die in B vorhandene Luft zuſammengepreßt und hat keinen anderen Ausweg, als durch die Röhre E F, deren untere Oeffnung E immer waſſerfrei bleibt, und deren obere F über dem Waſſer in dem Gefäße A hervortritt. Die hier eingeſchloſſene Luft nimmt alſo an dem ganzen Drucke der Luft in B Antheil, und preßt das Waſſer durch die Röhre G H zum Sprunge ſo lange, bis es in G fehlt, wo dann die Luft durch die Röhre G H hervordringt und ſich mit der äußeren ins Gleichgewicht ſetzt. Es fällt leicht in die Augen, daß dieſer Luftdruck ganz außerordentlich vermehrt werden kann, wenn die Röhre C D ſehr lang, der Behälter B ſehr weit und folglich die Oberfläche des in demſelben eingeſchloſſenen Waſſers ſehr groß wird; man begreift aber auch leicht, daß alles auf dieſelbe Weiſe von ſtatten gehen muß, wenn die Luft in dem oberen Behälter zuſammengepreßt, und ihr Druck durch eine niederſteigende Röhre der Luft in dem unteren Gefäße mitgetheilt wird. Dem in dieſem Gefäße eingeſchloſſenen Waſſer muß aber auch durch

Digitized by Google

eine Steigröhre ein Weg geöffnet werden, vermöge deſſen es ſich jenem Drucke entziehen kann.

Auf eine ſolche Einrichtung gründet ſich die Höll'ſche Luftmaſchine, eine von dem Oberkunſtmeiſter Höll erfundene Maſchine, die zuerſt in den Bergwerken bei Schemnitz in Ungarn eingerichtet und mit vielem Vortheil zum Bewältigen der Grubenwaſſer gebraucht wurde. Dieſe Maſchine iſt in Fig. 10. Taf. VI. abgebildet. Zwei große metallene Gefäße oder Keſſel A und B ſind durch eine Luftröhre F G mit einander vereinigt. Eine Einflußröhre C D E ſteckt mit ihrem, wie ein Knie gebogenen Ende mitten in dem oberen Theile des Keſſels. Sie hat einen Hahn S, und oben zur Seite am Keſſel befindet ſich noch eine Röhre mit einem Hahne, den man zur Beſchleunigung des ausfließenden Aufſchlagwaſſers öffnet. Auch an dem Boden des Keſſels iſt noch eine Abflußröhre mit einem Hahne zur Ausleerung des Keſſels angebracht. Der untere Keſſel B enthält außer der Luft- oder Verbindungsröhre F G auch eine Trieb- oder Steigröhre L M N, worin das Waſſer in die Höhe ſteigt. Unter dem knieförmig gebogenen Ende der Steigröhre, mitten auf dem unteren Keſſel, iſt ein metallenes Muſchelventil angebracht, welches das in der Steigröhre befindliche Waſſer nicht zurückfallen läßt. Auf dem oberen Theile des Keſſels befindet ſich noch eine Röhre mit einem Hahne, der bei Anlaſſung des unteren Keſſels geöffnet wird. Ferner iſt gegen die Mitte des Keſſels eine andere Röhre Q R von dem Behälter des Grubenwaſſers dahin geleitet, durch welche das Grubenwaſſer mittelſt eines Hahns S in den Keſſel B kommt.

Die Dimenſionen und Verhältniſſe der vorzüglichſten Theile dieſer Maſchine ſind folgende. Der obere geſchloſſene Keſſel A hat 5 Fuß Höhe, im Durchmeſſer 4 Fuß 2 Zoll, und am Gewicht beinahe 100 Centner. Der untere Keſſel B hat ebenfalls 5 Fuß Höhe, einen Durchmeſſer von 2 Fuß 8 Zoll und wiegt 50 Ctr. Jeder Keſſel iſt aus 3 Stücken zuſammengeſetzt, die mit Schrauben genau verbunden werden. Die Seitenwände ſind $1\frac{1}{2}$, und der Boden $2\frac{1}{2}$ Zoll dick. Das eiſerne Luftrohr F G iſt $16\frac{1}{2}$ Lachter hoch, im Durchmeſſer oben bei F zweizöllig, gegen den unteren verjüngten Theil G aber nur einzöllig. Die Einflußröhren ſind 40 Lachter hoch, haben im Durchmeſſer 6 Zoll

Digitized by Google

und ſind 1 Zoll dick. Sie ſind ſo eingerichtet, daß in der Höhe von 22 Lachtern die Maſchine durch das Grubenwaſſer, oder bei deſſen Ermangelung in der Höhe von 40 Lachtern durch das Tagewaſſer in Bewegung geſetzt wird. Die eiſernen Steigröhren haben eine Höhe von 16 Lachter, $3\frac{1}{2}$ Zoll Durchmeſſer und ſind 1 Zoll dick. Der Behälter des Grubenwaſſers ſteht um 2 Zoll höher als der untere Keſſel.

Die Wirkung der Maſchine iſt folgende. Das Gefäß B wird durch die Röhre Q R nach Oeffnung des Hahns S mit dem Grubenwaſſer des nahe dabei ſich befindenden Sammelbehälters beinahe voll gefüllt. In das Gefäß A fällt Waſſer durch die Röhre C D E von möglichſt größter Höhe herab und drückt die Luft gewaltſam zuſammen. Dieſer Druck theilt ſich durch die Röhre F G, der in dem unteren Keſſel eingeſchloſſenen Luft, welche nun wieder durch ihren Druck das Waſſer in die Steigröhre L M N treibt, wo es oben in O ausfließt. Zu dem Oeffnen und Verſchließen der Hähne ſind beſondere Kunſtwärter angeſtellt, die genau auf das Spiel der Maſchine achten müſſen und die einander durch Zeichen ihre wechſelſeitigen Verrichtungen zu erkennen geben. Der Effect der Maſchine iſt gar nicht gering. Wenn ſie durch eine 22 Lachter hohe Waſſerſäule bewegt wird, ſo kann man mittelſt derſelben mit einem Hube 17 bis 19 Eimer Waſſer in die Höhe ſchaffen; wird ſie aber durch eine 40 Lachter hohe Waſſerſäule in Activität geſetzt, ſo werden mit einem Hube 19 bis 21 Eimer ausgegoſſen. In einer Stunde geſchehen $22\frac{1}{12}$ Hübe, das Mittelverhältniß aus beiden Fällen ergäbe in einer Stunde 21 Hübe. Da die Maſchine alſo in einem Hube 19 Eimer Waſſer fortſchafft, ſo werden in einer Stunde 399, in 24 Stunden aber 9576 Eimer Waſſer ausgegoſſen. Was die angebrachte Kraft betrifft, ſo werden, um die Luft im oberen Keſſel einmal zuſammen zu drücken, 36 Eimer Anſchlagwaſſer erfordert, in einer Stunde 756, in 24 Stunden aber 18144 Eimer.

Die Höll'ſche Luftſäulemaſchine iſt ſpäter von Reichenbach, vorzüglich ſinnreich aber von Prof. Schitko in Schemnitz verbeſſert worden.

Digitized by Google

3. Die Feuerſpritzen.

Mit dieſem Namen bezeichnet man eine, gewöhnlich auf einem mit Rädern verſehenen Wagen angebrachte Maſchine, mittelſt welcher man einen unausgeſetzten und ſtarken Flüſſigkeits=, meiſtens Waſſerſtrahl gegen einen brennenden Gegenſtand treibt, um das Feuer zu löſchen. Das Waſſer iſt hierbei dadurch wirkſam, daß es dem brennenden Gegenſtande die Luft abſchneidet, weßhalb es erſterem in genügender Menge unausgeſetzt und anhaltend zugeführt werden muß. Geringe Mengen Waſſer in ununterbrochenen Aufgüſſen auf ein verhältnißmäßig großes Feuer gebracht, löſchen nicht, ſondern verſtärken das erſtere, indem die brennenden Körper in dieſem Falle das Waſſer in ſeine Beſtandtheile, Sauerſtoff und Waſſerſtoff, zerlegen können. Um nun brennenden Gegenſtänden auf die oben angegebene Weiſe das Waſſer in angemeſſener Menge zuführen zu können, ſind die Feuerſpritzen mit einem Windkeſſel verſehen, worin die Luft comprimirt wird, in Folge deſſen das Waſſer, wie bei dem oben beſchriebenen Heronsball, in einem anhaltenden Strahle ausgetrieben wird, deſſen Hitze der Elaſticität der Luft im Windkeſſel und der Weite des Mündungsrohrs entſpricht. In Fig. 4. Taf. V. iſt eine Feuerſpritze abgebildet. a iſt der Kaſten, Spritzenkumen, in den das Waſſer geſchüttet wird. Soll die Spritze per Minute 15 bis 20 Kubikfuß Waſſer ausgießen, ſo muß nach Bernoulli der Kaſten wenigſtens 30 Kubikfuß enthalten. b b ſind die Pumpſtiefel und c der Windkeſſel, d die Kolben, deren Stangen an einem langen Hebel befeſtigt ſind, an deſſen Enden bei f an Querſtangen oder an einer Gabel Männer arbeiten. — Durch die Ventile g tritt das Waſſer in den Stiefel, durch h in den Windkeſſel, durch i in die Steigröhre, deren Mündung mit einem koniſchen Spritzrohre k verſehen iſt.

4. Pneumatiſches Feuerzeug.

Daſſelbe beſteht aus einem kleinen metallenen Cylinder, in welchem ein genau luftdicht ſchließender, unten mit einem Häkchen verſehener Kolben auf und nieder geſchoben werden kann. Befeſtigt man an dem Häkchen ein Stück Feuerſchwamm, ſo wird ſolcher beim ſchnellen Hinabſtoßen entzündet.

Man ſehe hierüber noch die folgenden Artikel.

Digitized by Google

5. Heizung ohne Feuer.

Es iſt eine bekannte Erfahrung, daß durch Verdichtung verſchiedener Körper Wärme frei wird. Eine Eiſenſtange kann von geſchickten Schmieden durch bloßes kaltes Hämmern zum Glühen gebracht werden, wodurch ſie dichter und ſpröde wird. Da Gaſe, ihrer großen Elaſticität wegen, in ungleich höherem Grade verdichtungsfähig ſind als ſtarre Körper, ſo wird durch ihr Zuſammenpreſſen auch eine ungleich größere Menge Wärme frei. Beweiſe hierfür liefern das pneumatiſche Feuerzeug und die Entzündung des Oeles beim Pumpen der Windbüchſenflaſchen. Wenn man die Luft in dem pneumatiſchen Feuerzeuge bis auf ⅕ ihres Volumens ſchnell zuſammendrückt, ſo fängt Zunderſchwamm Feuer, dieſer entzündet ſich noch nicht auf ſchmelzendem Wismuth, alſo bei + 198° R., wohl aber auf ſchmelzendem Blei, + 260° R.; man kann alſo annehmen, daß Zunderſchwamm ungefähr bei + 230° R. zu brennen anfange, folglich müſſen durchs Zuſammenpreſſen der Luft bis auf den fünften Theil ihres Volumens, oder bis auf ihre fünffache Dichtigkeit 230° Wärme und ungleich mehr noch frei werden, wenn die Verdichtung noch weiter, etwa auf das Zehn- oder Zwanzigfache ihrer atmoſphäriſchen Dichtigkeit gebracht wird.

Weil die atmoſphäriſche Luft ſich um ſo mehr ausdehnt, oder um ſo dünner wird (ſ. oben), je mehr ſie ſich über die Oberfläche der Erde erhebt und um ſo mehr zuſammengepreßt oder verdichtet wird, je näher ſie dem Mittelpunkte der Erde dringt, ſo muß es auch aus dieſem Grunde in den höheren Regionen der Luft kalt und tief, in der Erde warm ſein. Gegründet auf dieſe Erfahrung, ſchlug Friedr. Leuchs im Handbuch für Fabrikanten eine »Heizung ohne Feuer« vor. Es heißt daſelbſt: »Bekanntlich wird beim Zuſammendrücken der Luft ſo viel Wärme frei, daß man dadurch leicht, ſtatt mit Feuer, heizen könnte. Drückt man gemeine Luft bis auf ein Fünftel ihres Raumes zuſammen, ſo entzündet die dadurch frei gewordene Wärme Feuerſchwamm, der ſich nur auf geſchmolzenem Blei, nicht aber auf geſchmolzenem Wismuth entzündet, woraus folgt, daß die entſtehende Wärme zwiſchen 232 und 283 Grad fällt. Da wir jetzt durch die hydrauliſche Preſſe und andere Kräfte im Stande ſind, ohne viele Koſten Luft zuſammen zu drücken, ſo könnte es, da wo Brennſtoff theuer iſt, vortheilhaft

ſein, mittelſt zuſammengedrückter Luft zu heizen, wodurch Holz und Steinkohlen erſetzt würden.«

Wir ſtehen von weiteren Reflexionen über die Ausführbarkeit dieſes Vorſchlages ab, verweiſen jedoch in dieſer Beziehung noch den folgenden Artikel, nach welchem das Füllen und Entladen des zur Comprimirung der Luft beſtimmten Gefäßes wenigſtens nicht in dem Raume geſchehen dürfte, an welchen die Wärme abgegeben, oder welcher geheizt werden ſoll.

Rebenſtein hat in einer beſonderen, 1835 in Nürnberg erſchienenen Schrift dieſen Gegenſtand beſprochen und als wohlfeile Triebkraft zum Comprimiren der Luft die flüſſige Kohlenſäure vorgeſchlagen.

6. Erzeugung außerordentlich hoher Kältegrade und Gefrieren des Weingeiſtes durch ſchnelle Ausdehnung comprimirter Luft.

So wie bei der Verdichtung der Luft Wärme entſteht, ſo erſcheint bei ihrer ſchnellen Verdünnung Kälte. Während des Auspumpens der Luft aus einer Glocke fällt das darin befindliche Thermometer um mehrere Grade. Gay-Luſſac ließ ſtark verdichtete Luft aus einem Ballon in den andern, gleich großen luftleer gepumpten Ballon, überſtrömen, und bemerkte, daß das Thermometer in dem zweiten um eben ſo viele Grade ſtieg, als es in dem erſten fiel. Bei dem ſchnellen Entladen einer Windbüchſenflaſche entſteht häufig Eis an der Mündung. Umgekehrt wie beim Comprimiren der Luft viel Wärme frei wird, müſſen demnach beim Ausdehnen derſelben auf ihr fünffaches Volumen oder bis zum fünften Theile ihrer Dichtigkeit 230° R. Wärmeſtoff gebunden, und wenn alſo die vorher comprimirte Luft bis auf 0 abgekühlt war, durch dieſe Verdünnung eine Kälte von — 230° R. hervorgebracht werden. Stellt man ſich nun vor, daß man Luft in einer hohlen Metallkugel bis auf ihre 20- oder 50fache Dichtigkeit zuſammengepreßt habe, und ihr, nachdem man ſie durch andere Mittel möglichſt abgekühlt hat, durch eine geräumige Oeffnung ſchnell den Ausgang geſtattete, ſo wird in der Kugel eine Kälte von mehreren tauſend Grad unter 0 entſtehen müſſen.

Der ſchwediſche Phyſiker Edelcranz und nach ihm Gay-Luſſac ſchlug vor, verdichtete Luft aufs höchſtmöglichſte abzukühlen und ſie darauf ſich dergeſtalt ſchnell aus-

Digitized by Google

dehnen zu laſſen, daß ſie, heftig zerfließend, über andere Materien, z. B. tropfbare Flüſſigkeiten, hinwegſtrömend und ausdehnſam fließend, ſich von deren Grenzen entferne, wodurch dann die Abkühlung des Gefäßes und ſeines Inhaltes bis zu einer Temperatur-Erniedrigung führen müſſe, die faſt grenzenlos ſei. Eine ähnliche Idee ſcheint der geheim gehaltenen Vorrichtung zum Grunde zu liegen, wodurch der ſchottiſche Phyſiker Hutton Alkohol zum Gefrieren brachte.

7. Comprimirte Luft zur Beförderung von Imprägnationen.

a) Bei der Holzconſervation.

Der Franzoſe Breant bediente ſich anfänglich des mittelſt Dampf erzeugten Vacuums, um Holz mit conſervirenden Flüſſigkeiten, Leinöl und Harzen, Salzen ꝛc., zu tränken. Später bediente er ſich mit ungleich kräftigerem Erfolge eines Metallcylinders, in welchen er das Holz luftdicht einſchließt, umgiebt es mit der Conſervationsflüſſigkeit und preßt dann mittelſt einer Compreſſionspumpe Luft ſo lange ein, bis ſie einen Druck von 4 Atmoſphären erlangt. Das ſolchergeſtalt bearbeitete Holz zeigt ſich von der conſervirenden Flüſſigkeit durch und durch ſo kräftig und gleichmäßig imprägnirt und gewinnt dadurch an Haltbarkeit dermaßen, wie es auf keine andere Weiſe möglich iſt.

b) Bei der Stärkefabrikation.

Der Apotheker Martin in Vervins erfand ein Verfahren der Stärkebereitung aus Waizenmehl, welches man vollſtändig in der beim Verleger dieſes erſchienenen Schrift »Dr. G. Murrhard neu erfundenes Verfahren der Fabrikation der Stärke aus Waizen, 1848« beſchrieben findet. Das Waizenmehl wird dabei durch Ankneten zu einem Teig und Auswaſchen deſſelben auf einem feinen Drahtſiebe in Stärkemehl und Kleber geſchieden.

Etienne und Thomas wollten dieſes Verfahren ſtatt auf Waizenmehl einfacher und wohlfeiler auf geſchrotenen Waizen anwenden. Hierbei zeigte es ſich, daß die Stärke aus dem Waſchwaſſer ſich gar nicht abſetzen wollte, was man einem Gehalte deſſelben an Dextrin und Diaſtaſe in Folge des mehrtägigen Macerirens des Waizens in Waſſer zuſchrieb. Zur Beſeitigung dieſes Uebelſtandes, zur Verhütung von Gährung und Dextrinbildung wandte daher Tho-

mas das Einquellen des Waizens unter Luftdruck an. Er verwendet zum Einweichen ein ſtarkes, inwendig mit Bleiblech ausgelegtes Faß an, füllt dieſes zu drei Vierteln mit Waizen und läßt ſo viel Waſſer hinzu, daß letzterer gerade bedeckt iſt. Das Faß wird hierauf mit einem gut ſchließenden Deckel luftdicht verſchloſſen und durch eine Compreſſionspumpe ſo viel Luft in daſſelbe gepreßt, daß der Inhalt bei einer Temperatur von höchſtens 50° C. ſich unter einem Drucke von 15 bis 20 Atmoſphären befindet. Nach vier bis fünf Stunden iſt der Waizen ſo angeſchwollen, daß er den ganzen Raum des Faſſes ausfüllt und eben ſo weich, als wenn er nach der gewöhnlichen Methode vier bis fünf Tage eingeweicht worden wäre.

c) Andere Imprägnationen mit Luftdruck.

Es kommen im gewerblichen Leben noch ſehr viele ähnliche Fälle vor, wo es ſich darum handelt, einen Körper gleichmäßig durch ſeine ganze Maſſe mit Flüſſigkeiten zu ſchwängern, z. B. bei der Lohgerberei ꝛc., wo die Felle unter ſtarkem Drucke vielleicht noch ſchneller und kräftiger von der Lohbrühe durchdrungen werden als im Vacuum.

Wir unterlaſſen es, die mancherlei hierher gehörigen techniſchen Operationen auszumitteln und hier aufzuführen, da jeder Gewerbtreibende ſelbſt im Stande ſein wird, aus der allgemeinen hier angeführten und beſchriebenen Imprägnationsmethode mit Luftdruck die Möglichkeit einer vortheilhaften ſpeciellen Anwendung auf ſein Geſchäft zu abſtrahiren. Uebrigens bemerken wir noch, daß von dem Luftdrucke zur Erleichterung chemiſcher Verbindungen, wie bei der Seifenfabrikation, und Trennungen, wie oben beim Waizen, immer nur dann vortheilhafte Anwendung zu machen ſein wird, wenn die Operationen in der Kälte ausgeführt werden. — Bei denjenigen, welche Siedehitze erfordern, iſt der Dampfdruck, wie im Papinſchen Topfe, einfacher und vortheilhafter.

Nachträglich mag noch erwähnt werden, daß in England ſchon öfter Patente auf ſogenannte Schnellgerbproceſſe genommen wurden, welche darauf beruhen, daß die Häute ſackförmig zuſammengenäht, oder auf andere Weiſe, z. B. durch Rahmen zuſammen gehalten und dieſe Säcke dann mit der Gerbeflüſſigkeit gefüllt werden. Die Flüſſigkeit durch-

Digitized by Google

dringt vermöge des hydroſtatiſchen Druckes die Häute, an die ſie beim Durchſickern einen Theil ihres Gerbeſtoffs abgiebt. Peachy's zu Williamsburg in den Verein. Staaten patentirte Methode iſt nichts anders als dieſe, nur daß er den hydroſtatiſchen Druck vermittelſt einer Druckpumpe erhöht.

Francis Gibbon Spilsbury in England iſt einer der glücklichſten Beförderer dieſer neuen Methode. Die zuvor ganz wie ſonſt zubereiteten Häute werden über viereckige Rahmen von Holz, Kupfer oder Eiſen geſpannt, welche jedoch im letztern Falle überfirnißt ſein müſſen, damit das Leder keine Flecke bekommt. An den äußeren Seiten ſind Oehre oder Ringe angebracht, um die zur Befeſtigung des Felles dienenden Schrauben durchzulaſſen. Die über die Rahmen geſpannten Felle werden nun dergeſtalt angeordnet, daß man allemal zwiſchen zwei dergleichen einen leeren Rahmen bringt, der an ſeiner oberen Seite mit zwei, an der unteren mit einer, mit einem Hahn verſehenen, Röhre ausgeſtattet iſt und dieſe drei Stücke feſt an einander befeſtigt, ſo daß zwiſchen den beiden Fellen ein leerer geſchloſſener Raum entſteht. In dieſen wird nun mittelſt einer Spritze durch eine der oberen Röhren die gerbſtoffhaltige Flüſſigkeit eingetrieben, wobei die Luft durch die zweite obere Röhre entweicht, der Hahn der unteren, nur zum Ablaſſen dienenden, aber geſchloſſen iſt. Iſt der ganze Zwiſchenraum angefüllt, ſo wird die zweite obere Röhre geſchloſſen und nun durch die Wirkung der Druckpumpe die Einwirkung der Flüſſigkeit auf die Häute erhöht. Daß dieſes geſchieht, ſieht man bald an den auf der äußeren Fläche der Häute zum Vorſchein kommenden Waſſertropfen. Die Dauer der Operation iſt nach der Größe des angewandten Druckes, ſo wie nach der Dicke und Conſiſtenz der Häute verſchieden. Wenn man glaubt, daß ſie beendigt ſei, nimmt man die Felle ab, reinigt ſie auf beiden Seiten und trocknet ſie. Nach dem Trocknen können ſie unmittelbar in den Handel gebracht werden. Ein vorgängiges Kalkbad darf bei dieſer Methode nicht angewendet werden.

Das auf dieſe Weiſe erzeugte Fabrikat ſoll ſich durch ſeine Stärke und Feinheit ſehr auszeichnen. Daß die Form der Rahmen und mancher andere Umſtand bei dieſer Methode viele Abänderungen erlaubt, iſt leicht einzuſehen. Un-

Digitized by Google

ter andern ſoll ein engliſcher Fabrikant dieſe Methode mit der älteren in Verbindung anwenden, indem er die Häute erſt, wie vorhin beſchrieben, behandelt und dann in die Lohgrube bringt. Geſchieht letzteres nicht, ſo iſt natürlich neben dem Drucke ein zweites Bedingniß, nur concentrirte Lohbrühe anzuwenden, welche Gerbeſtoff genug enthält, um alle Theile der Häute vollſtändig in Leder umwandeln zu können.

8. Anwendung der comprimirten Luft als Triebkraft für Maſchinen.

Die bereits im Eingange hinlänglich erläuterten Eigenſchaften der Luft, ihre Compreſſions- und Expanſionsfähigkeit motivirt zur Genüge die Vermuthung, daß ſich dieſelbe, gleich wie in der Windbüchſe zum Schießen, unter Anwendung zweckdienlicher Mittel auch als Triebkraft für Maſchinen werde anwenden laſſen. Obgleich nun bereits praktiſche Reſultate über einzelne dieſerhalb angeſtellte Verſuche vorliegen, welche die Anwendbarkeit derſelben zu dieſem Zwecke außer allen Zweifel ſetzen, ſo läßt ſich doch mit zuverläſſiger Gewißheit behaupten, daß der Vortheil, welcher auf dieſem Wege zu erlangen iſt, immer nur ein bedingter bleiben wird, indem die Wirkung nicht größer ſein kann als die Urſache, und daß diejenige Kraft, welche zum Comprimiren der Luft erfordert wird, wenigſtens eben ſo groß ſein muß, als diejenige, welche die comprimirte Luft äußern kann. Die comprimirte Luft als Triebkraft wird daher nur in ſolchen Fällen wirklichen Nutzen gewähren, wo man die zum Comprimiren erforderliche Kraft anderweit koſtenfrei haben kann und erſtere an entfernten Orten wirken laſſen will; denn wollte man z. B. ein Waſſergefälle oder eine Dampfmaſchine dazu anwenden, um indirekt erſt durch Comprimiren von Luft eine Kraft hervorzubringen, welche gleich an Ort und Stelle wirken ſoll, ſo würde man natürlich viel einfacher und wohlfeiler ſich direkt gleich der erſteren als Betriebskraft bedienen können und dadurch Koſten und Kraftverluſt vermeiden. Nie wird daher die Anwendung der comprimirten Luft, gleich der bereits im vorigen Abſchnitte beſchriebenen Methode, durch Wärme expandirte Luft ſtatt des Dampfes zu verwenden, welche wie dort entwickelt wurde, wirkliche Vortheile gewährt, im Stande ſein, mit gleichem Erfolge die zu ihrer Ausbildung noch aufzuwendende Mühe ſo zu verlohnen, wie

Digitized by Google

es von der letzteren unbezweifelt zu erwarten iſt. Demungeachtet aber kann ſie aus den oben beregten Gründen als Betriebskraft auf Eiſenbahnen ſehr zweckmäßig und in ſofern auch vortheilhaft benutzt werden, als gerade hier ihre Wirkung an einem ſtets wechſelnden Orte ſich äußern ſoll, und zu ihrer Comprimirung die wohlfeilen Kräfte des Waſſers und des Windes benutzt werden können, welche beide eine Transmiſſion an entfernte Plätze eben ſo wenig als eine Locomotive zulaſſen.

Herr Crelle hat vor einigen Jahren eine Schrift herausgegeben, »Ueber die verſchiedenen Arten, die Spannkraft der atmoſphäriſchen Luft als bewegende Kraft auf Eiſenbahnen zu benutzen.« Dieſe Schrift beginnt mit der Bemerkung, die atmoſphäriſche Luft habe mit dem Waſſerdampf die Eigenſchaft völlig gemein, daß ihre Spannkraft in dem Verhältniß der Dichtigkeit ſteht, welche der einen oder der anderen der elaſtiſchen Flüſſigkeiten durch Zuſammenpreſſung oder Verdünnung gegeben werden mag, auch eben ſowohl die Spannkraft der Luft, wie die des Dampfes zur bewegenden Kraft auf Eiſenbahnen ſich müſſe benutzen laſſen, und zwar würde ſich die Luft noch techniſch bequemer benutzen laſſen als der Dampf, da luftdichte Behälter und Kolben leichter zu verfertigen und dauerhafter ſind als dampfdichte Behälter und Kolben. Die Anwendung der Luft würde aber mehrere andere weſentliche Vorzüge vor der des Dampfes haben. Es würde ſich z. B. zur Bewegung der feſtſtehenden Maſchinen, welche die Luft zuſammen zu preſſen oder zu verdünnen beſtimmt ſind, außer der Dampfkraft auch die Kraft von Waſſergefällen, wo dergleichen vorhanden ſind, wo Zugſchienen und ſelbſt hülfsweiſe die Kraft des Windes benutzen, alſo Brennſtoff erſparen laſſen; das Feuer würde von den Eiſenbahnen ganz entfernt, alſo ſehr bedeutend an Sicherheit und Gefahrloſigkeit derſelben gewonnen werden; die ſtehenden Maſchinen würden dauerhafter ſein als die fahrbaren u. ſ. w. Uebrigens habe jetzt, bemerkt die Schrift, die Eiſenbahn bei Dublin, zwiſchen Kingstown und Dalkay, welche ſchon ſeit längerer Zeit im vollen Betriebe iſt, und auf welcher ſtatt der Dampfkraft die Spannkraft der Luft dient, die techniſche Möglichkeit dieſer Benutzung der Elaſticität der Luft durch die That bis zur Evidenz erwieſen und es ſei daran kein Zweifel mehr.

Digitized by Google

Die Schrift zählt hierauf zunächſt von den verſchiedenen Arten, wie ſich die Luft an der Stelle des Dampfes werde benutzen laſſen, diejenigen auf, von welchen bisher hier und da die Rede geweſen iſt. Von jenen beſchreibt der Verfaſſer fünf verſchiedene Vorrichtungen, unter welchen er der letztern den Vorzug giebt. Es iſt folgende: Man kann die Luft, ſtatt in einer längs zwiſchen den Schienen liegenden Röhre, in einzelnen, 15 bis 20 Fuß langen, etwa 2 Fuß im Durchmeſſer haltenden Cylindern von ſtarkem Eiſenblech, mit halbkugelförmigen Enden, zuſammenpreſſen und dergleichen einzelne Behälter auf dem Luftwagen ſelbſt, und vielleicht noch auf einen oder zwei ihm angehängte Wagen legen und aus dieſen Cylindern der Maſchine die nöthige Kraft ſchöpfen laſſen. Dann fällt die Röhre zwiſchen den Schienen weg und die Anordnung iſt ganz die einer gewöhnlichen Dampfwagen-Eiſenbahn, nur mit dem einzigen Unterſchiede, daß zuſammengepreßte Luft an die Stelle des Dampfes tritt.

Uebrigens ſoll nach Leuchs der erſte, welcher dieſen Vorſchlag, und zwar ſchon vor etwa 30 Jahren, gemacht hat, wahrſcheinlich der Herr v. Bader in München ſein.

Seit Jahren ſchon beſchäftigen ſich in Frankreich die Herren Andraud und Tiſſié du Motay mit Verſuchen, die comprimirte Luft als Triebkraft zu benutzen. Dieſelben ſchrieben über die Erfolge ihrer Beſtrebungen folgendes Werk: »Ueber die comprimirte Luft als univerſelle Triebkraft und unentgeltliches Erſatzmittel der Dampfkraft in ihrer Anwendung auf feſtſtehende Maſchinen, auf Locomotiven, ſowohl bei Eiſenbahnen als gewöhnlichen Landſtraßen, auf Schifffahrt, Luftſchifffahrt, Landwirthſchaft, Vertheidigung der Feſtungen, auf Bergbau, Bohrverſuche, pneumatiſche Bahnen zur blitzſchnellen Beförderung der Briefe u. ſ. w., oder über die unentgeltliche Anſammlung und Aufſpeicherung natürlicher Kräfte. Deutſch von Dr. C. H. Schmidt. Ilmenau 1841.«

Es ſind über dieſe Schrift nach dem Kataloge des Verlegers mehrere intereſſante Recenſionen erſchienen, von denen wir im Intereſſe unſerer Leſer einige anführen wollen. Der Hamburger Correſp. 1841, Nro. 247 ſagt: »So eine große Rolle auch der Druck der Luft in der Induſtrie geſpielt hat, z. B. bei der Windbüchſe, bei den Orgeln, beim Heronsball,

Digitized by Google

beim Schiffsſegel u. ſ. w., ſo iſt ſie bisher doch noch nicht als ein Repräſentativzeichen aller Kräfte für die Bedürfniſſe der Induſtrie hergeſtellt worden, wie es das Geld für alle Werthe iſt. Darum iſt die Idee der Anwendung der comprimirten Luft eine höchſt ſinnreiche Idee, die der Verfaſſer hier mit großer Klarheit und Wärme entwickelt hat, beſonders, da er nicht dabei ſtehen blieb, die Ausführbarkeit derſelben zu demonſtriren, ſondern ſie auch in der praktiſchen Anwendung aller mechaniſchen Potenzen zu zeigen ꝛc. Somit hat er und mehrere Andere bereits den praktiſchen Beweis geliefert: daß ſowohl die Dampf- als die Pferdekraft durch comprimirte Luft mit Erſparung der enormen Waſſervorräthe, der Steinkohlen, der gefräßigen Oefen, Schlote, der ſchweren Keſſel ꝛc. füglich erſetzt werden kann.«

Der Helios 1841, Nro. 15 ſagt: »Bald wird der Dampf ſeine große Rolle ausgeſpielt haben und eine Kraft wird an deſſen Stelle treten, welche überall ſchon vorhanden und faſt koſtenfrei zu haben iſt. Wie? das iſt von dem Herausgeber dieſes Werkes durch höchſt anziehende Verſuche dargethan, und ihre Anwendbarkeit im Großen iſt um ſo weniger zu bezweifeln, als ſie ſämmtlich auf dem ſicheren Grunde mathematiſcher Berechnung beruhen; dieſer höchſt wichtige Gegenſtand verdient die allgemeinſte Beachtung.«

Das Braunſchweiger Archiv für Kunſt ſagt: »Keinen Dampf mehr! keine Vergeudung ungeheurer Maſſen Brennmaterials, wo die Natur koſtenloſe Kräfte als Erſatzmittel der Dampfkraft darbietet und der Arme friert! Bald werden Deutſchlands Regierungen nach dieſem Werke die Anwendung der comprimirten Luft als Triebkraft befördern und dadurch die Armuth wohlfeileres Brennmaterial erhalten.«

Wir beziehen uns einfach auf unſere oben angeführten Anſichten über die Erwartungen, welche man von der comprimirten Luft als Triebkraft zu hegen berechtigt iſt, und tragen kein Bedenken, nachträglich uns noch dahin auszuſprechen, es werde mit Anwendung dieſer Kraft eben ſo gehen wie mit dem Perpetuum mobile, indem die Wirkung nie größer ſein kann als die Urſache und das Zuſammenpreſſen der Luft eben ſo viel Kraft erfordert, als ſie im Zuſtande der Comprimirung äußern kann, womit alle Leſer

Digitized by Google

einverſtanden ſein werden, die nur mit den Anfangsgründen der Mechanik vertraut ſind.

Eine andere Recenſion des Andraudſchen Werkchens, die wir in dem beregten Kataloge vermiſſen und die mit unſerem Urtheil völlig übereinſtimmt, iſt die von Leuchs, pol. Zeit. 1841, S. 32, dem man das Zugeſtändniß machen muß, daß die Maſſe der von ihm ausgegangenen Ideen und Vorſchläge ſinnreich und meiſtens höchſt praktiſch ſind. Er ſagt: »Daß die comprimirte Luft als Bewegkraft benutzt werden kann, iſt nicht neu, auch iſt in der Windbüchſe ſchon lange von dieſer Kraft Gebrauch gemacht. Aber um ſie zu erhalten, gehört 1) eine ungleich größere Kraft zum Zuſammendrücken derſelben, 2) ein ſtarkes Gefäß, um die zuſammengedrückte Luft aufzubewahren, 3) eine Vorrichtung, durch welche ſie beim Freiwerden nach und nach ihre Wirkung äußert. Keine dieſer Schwierigkeiten hat der Verfaſſer gehörig beachtet, der Enthuſiaſt für die Sache iſt, aber das vor ihm Geſchehene ſo wenig kannte, daß er glaubte, er ſei der Erſte, der auf den Gedanken gekommen, die Macht der Luft als Triebkraft zu benutzen. Er will die Luft durch Waſſer- und Windmühlen zuſammendrücken, was nach ihm keine Koſten macht, eine Behauptung, die nicht einmal dann dann ſtreng wahr iſt, wenn man die überflüſſige Kraft ſchon beſtehender Mühlen dazu anwenden wollte. In den Behältern, in welchen die zuſammengedrückte Luft aufbewahrt iſt, wird ſie dann an den Ort gebracht, wo man ſie als Bewegungskraft gebraucht. Alles das iſt gut und der Verfaſſer hat einige vielleicht anwendbare Ideen, aber die Praxis wird noch viel zu thun haben, bis etwas davon verwirklicht werden kann.«

Wir geben über die Beſtrebungen von Arnauld und Teſſié du Motay den in den Comptes rendus XII. p. 894 — 899 enthaltenen Bericht von Arago, Poncelet, Piobert und Séguier, aus welchem man das Wiſſenswerthe aus dem Gange ihrer Arbeiten und deren Erfolgen entnehmen kann. Es war im Jahre 1840, als Herr Arnauld der Akademie einen gedruckten Bericht einreichte, in welchem er allgemeine und rein theoretiſche Anſichten über die mehrfachen Vortheile entwickelte, welche die Induſtrie durch Anwendung des Luftdruckes als bewegende Kraft gewinnen könnte. Zu jener Zeit beſchäftigte ſich Herr Teſſié du Mo-

Digitized by Google

tay, in einer Entfernung von mehr als 100 Meilen von Paris, mit Arbeiten, die den Vorſchlägen des Herrn Arnauld analog waren. Die vollkommene Uebereinſtimmung der Meinung über ein und denſelben Gegenſtand führte ſie bald zuſammen und bewog ſie, gemeinſchaftlich eine Reihe von Experimenten zu unternehmen, welche dem neuen dynamiſchen Syſtem als Baſis dienen könnten. Nach mehr als einjährigen fleißigen Arbeiten über den Hochdruck der Luft, über die Form und den Stoff der zum Einſchluß derſelben geeignetſten Gefäße, über die Mittel zur Regulirung der Ausſtrömung auf eine Art, um die von dem Dampfe erzeugten Wirkungen zu erzielen, nachdem verſuchsweiſe ein Apparat zuſammengeſtellt worden war, der in den Stand ſetzte, die Ausdehnungskraft der erhitzten Luft, ſo wie ihre comprimirende Gewalt gleichzeitig zu benutzen, wurden verſchiedene Anwendungen der neuen Kraft verſucht, nämlich, Waſſer zu heben, Gegenſtände fortzuſchleudern, ſo wie auch einen Wagen auf einer Eiſenbahn in Bewegung zu ſetzen. Die Erbauer haben ſich niemals die Schwierigkeiten verhehlt, welche die praktiſche Löſung dieſes Problems darbietet. Die Andeutungen der Wiſſenſchaft über die Eigenthümlichkeiten der Luft, von dem Mariotte'ſchen Geſetze bis auf die neuen Entdeckungen von Biot und Arago ſtimmen überein, um ſie theoretiſch eines glücklichen Erfolges der Unternehmung zu verſichern — aber welche materiellen Hinderniſſe bei der Ausführung!

Nie gab es eine verwickeltere Frage; zuerſt mußte man ſich durch Experimente, die für gefährlich galten, überzeugen, daß die Luft bis zu einem hohen Grade in Gefäßen von mäßiger Schwere zuſammengepreßt werden kann; denn, wenn man eine natürlich ſcheinende Analogie zwiſchen Behältern für comprimirte Luft und Dampfkeſſeln hätte aufſtellen wollen, wenn man dieſelben Exploſionsgefahren bei denſelben Druckverhältniſſen zu fürchten gehabt hätte, ſo würde man nie haben daran denken dürfen, die Luft als bewegende Kraft zu benutzen, denn bekanntlich ſpringen die Dampfkeſſel ſchon bei einem anſcheinend ſehr niedrigen Drucke, und um eine reelle Wirkung von einer gewiſſen Luftmaſſe zu erhalten, muß dieſelbe bis zu 30 bis 40 Atmoſphären condenſirt ſein. Die erſte Reihefolge der Experimente hat über dieſen Punkt vollkommen beruhigt; die Behälter, die

Digitized by Google

ungefähr 100 Litres faßten, haben, obſchon ſie nur aus ziemlich dünnem, 2 Millimetres ſtarkem Blech beſtanden, fortwährend einen Druck von 30 bis 35 Atmoſphären ausgehalten. Um die äußerſte Grenze des Widerſtandes kennen zu lernen, ſteigerte man eines Tages den Druck ſo hoch, daß er die Scale des Manometers, welche bis 75 Atmoſphären zeigt, überſtieg. Das der Probe unterworfene Gefäß gab dann nach, aber nicht auf dem Wege der Exploſion, ſondern auf dem des Spaltens, indem eine kaum ſichtbare Ritze entſtand, welche die Luft mit einem ſehr lauten Pfeifen entweichen ließ. Dieſe Thatſache hat zu der Annahme geführt, daß wenn Dampfkeſſel bei niedrigem Drucke ſpringen, dieſes nicht der normalen Expanſion des Dampfes, ſondern dem plötzlichen Hinzutritte der elektriſchen Kraft zugeſchrieben werden muß.

Demnächſt waren die Mittel zur Compreſſion zu unterſuchen; die Frage über die Druckpumpe iſt ſehr wichtig und kann als die Baſis der neuen aerodynamiſchen Wiſſenſchaft angeſehen werden. Die Genannten waren ſo glücklich, ſich im Verlaufe ihrer Experimente zweier ſehr ſtarker Pumpen bedienen zu können, die nach dem beſten Syſteme, welches bis jetzt bekannt iſt, conſtruirt waren. Nichtsdeſtoweniger nahmen ſie zu großem Erſtaunen bald wahr, daß dieſe Pumpen bei hohem Drucke eine bedeutende Wärme erzeugten, und daß ſie, als es zum Treffen kam, höchſtens 25 Procent der Kraft wiedergaben, die angewendet worden war, um ſie in Bewegung zu ſetzen. Man kam zu der Einſicht, daß das bezeichnete Uebel der unteren Klappe zuzuſchreiben war. Dieſe hat eine coniſche Form, deren gegen die Pumpe gekehrte active Fläche höchſtens den vierten Theil der gegen den Behälter gekehrten Reactionsfläche beträgt, woraus folgt, daß, um im letztern z. B. 30 Atmoſphären zu bekommen, die Pumpe an ſich ſelbſt eine vierfache Anſtrengung, nämlich eine von 120 Atmoſphären machen muß. Daher die ſchnelle Erhitzung, die unnütze Ausdehnung der Luft und der große Verluſt an comprimirter Kraft. Nachdem es durch Abänderung dieſes Umſtandes möglich geworden war, regelmäßig eine auf 25 Atmoſphären comprimirte Luft (mehr war zu den Verſuchen nicht nöthig) zu bekommen, wurde zu einigen Anwendungen der neuen Kraft geſchritten.

Digitized by Google

Die Grenzen, auf welche ſich die vorliegende Notiz beſchränken muß, erlauben nicht, in allzu große Einzelnheiten bei dieſen Anwendungen einzugehen, die Verf. führen daher nur die aerohydrauliſche Pumpe an, in welcher die comprimirte Luft, indem ſie die Stelle des Kolbens vertritt, das Waſſer zu einer unbeſchränkten Höhe emportreiben kann, eben ſo wie die Kanone mit vermehrter Kraft, in welcher die comprimirte Luft zu einem beliebigen Grade, z. B. 30 Atmoſphären durch Rückwirkung auf ſich ſelbſt, ihren Druck verzehn=, ja verhundertfachen kann und zwar augenblicklich und ohne Gefahr, ſo daß man mit dieſem Apparate die Kraft des Pulvers erreichen und übertreffen kann. In den chemiſchen Laboratorien der Erfinder kann man die Liquefaction und Conſolidation der zu dieſer Umbildung fähigen Gaſe mit Sicherheit erreichen. Vor der Hand werden auch nur die aeoliſche Turbine und das Fluvialrad erwähnt, zwei neue mechaniſche Agentien, welche vorgeſchlagen werden, um auf ſehr ausgedehnte Weiſe die Kraft des Windes und die des laufenden Waſſers nutzbar zu machen.

Der Luftwagen iſt endlich der Hauptgegenſtand der Experimente geweſen. Es war nicht die Abſicht, einen Wagen herzuſtellen, welcher durch die Uebereinſtimmung und das richtige Ebenmaß ſeiner Theile als Muſter dienen ſollte; nur die Thatſache ſollte conſtatirt werden, daß die ausdehnende Kraft der Luft, wenn ſie auf das Ziehen der Wagen angewendet wird, dieſelbe Regelmäßigkeit und dieſelbe Geſchwindigkeit der Bewegung erzeugt wie der Dampf, und zwar mit dem unermeßlichen Vortheil, daß man nicht die ſchweren Stoffe, welche die Kraft erzeugen, mit ſich zu führen braucht. Dieſe Locomotive kann außer dem dazu gehörigen Apparate acht Perſonen tragen, ſie iſt 3 Metres lang, 2 Metres hoch und 1,50 M. zwiſchen den Schienen breit. Fünf von den Recipienten ſind unter dem Wagen angebracht; die Luft geht, ehe ſie in die Körper der Pumpen tritt, welche die Räder drehen, durch den Regulator, einen Mechanismus, mittelſt deſſen die Luft ſich ſelbſt einen Durchgang öffnet, welcher größer wird in dem Verhältniſſe, wie der Druck abnimmt, ſo, daß der Stoß ſtets die halbe Stärke behält und der Maſchine eine gleichförmige Bewegung mittheilt. Auf dieſe Weiſe fährt man bloß mit comprimirter Luft. Wenn man aber gleichzeitig die Eigenſchaft

Digitized by Google

der Luft, ſich durch die Hitze auszudehnen, benutzen will, muß man ſie beim Heraustreten aus dem Regulator durch den Dilator gehen laſſen, der in einer Art zwiſchen dem Körper der Pumpe angebrachten Schlangenröhre beſteht. — Dieſer Apparat iſt ſo eingerichtet, daß die Luft, ungeachtet ihrer widerſtrebenden Beſchaffenheit, ſich darin mit außerordentlicher Schnelligkeit ausdehnt. Gleich bei dem erſten Verſuche ſtieg ihre Kraft von 1 auf 2,29. Man kann vielleicht auf dieſe Weiſe den Druck der comprimirten Luft verdrei- und ſogar vervierfachen. Der Wagen fährt daher bald kalt, bloß mit comprimirter Luft, bald mit comprimirter und ausgedehnter Luft. Dieſe letztere Verbindung iſt es, welche man in Anwendung bringen muß, wenn man ſogleich einen reellen Nutzen der Luftwagen erlangen will, wenigſtens ſo lange, als die Kunſt des Comprimirens noch nicht den angedeuteten Grad der Vervollkommnung erhalten haben wird. Sobald als man einfache Mittel beſitzen wird, ſchnell zu einem hohen Drucke zu gelangen, wird man die Ausdehnung bei Seite ſetzen können; übrigens kann aber auch die Ausdehnung auf dieſen günſtigen Punkt gelangen und dann würde die Compreſſion zu beſeitigen ſein. Dieſe Löſung des Problems wäre die fruchtbarſte.

Der erfundene Wagen iſt eine Art von Locomotive-Waggon, weil er gleichzeitig die Reiſenden und die ihn bewegende Kraft trägt. Im Vergleich mit einer Dampf-Locomotive iſt er außerordentlich leicht, und es iſt demnach eine große Erſparniß bei Erbauung der Eiſenbahnen möglich, welche, unter gewiſſen Umſtänden, einen Fall von 15 — 20 Millimetres per Meter haben können. In Vorbedacht deſſen iſt unter dem Wagen ein beſonderer Recipient angebracht, welcher einen Vorrath von ſehr ſtark zuſammengepreßter Luft enthält, deren man ſich bedienen wird, wenn es nöthig iſt, einen Ruck zu geben, um über eine Anhöhe hinweg zu kommen. Dieſes iſolirte Gefäß heißt das Gebirgspferd (**le cheval de montagne**).

Der allgemeine Mechanismus des Wagens iſt durch Vereinfachung ebenfalls verbeſſert worden. So ſind die excentriſchen Scheiben in Wegfall gebracht, welche bei Dampf-Locomotiven die Schieber der Pumpen öffnen und ſchließen; hier verrichtet der Kolben ſelbſt dieſe Arbeit und man ſieht nur die Kurbelſtange arbeiten. Die beiden Rä-

Digitized by Google

der, welche die Bewegung fortpflanzen, ſind von einander unabhängig; die beiden freien Räder gehen um ihre Zapfen und parallel, damit ſich der Wagen in den kleinſten Krümmungen umdrehen kann, denn nach der Vorausſetzung werden die Luftwagen eines Tages Eiſenbahnen auf macadamiſirten Straßen befahren. Zu rechter Zeit einen Hahn auf- und umzudrehen, darin beſteht die ganze Arbeit, welche die Leitung der Luftwagen erfordert; man braucht nur das Spiel der Schieber zu ändern, und die Wagen ſchlagen die entgegengeſetzte Richtung ein; ein verſtändiges Kind kann ſie führen. Was die Geſchwindigkeit betrifft, ſo giebt es keine Grenzen dafür als die, welche die Klugheit vorſchreibt; denn es iſt klar, daß man, weil ein weit höherer Druck zu Gebote ſteht als bei dem Dampfe, die Bewegung ganz nach Willkür beſchleunigen kann.

Vor der Hand läßt es ſich noch nicht genau beſtimmen, wie lange die Arbeit eines gut gebauten Luftwagens anhält. So viel ſich aus den erſten Verſuchen ſchließen läßt, wird man in einer Füllung 3 — 4 Lieus zurücklegen können. Dieſe Füllung der bewegenden Kraft wird mittelſt großer, in verſchiedenen Entfernungen am Rande des Wagens aufgeſtellter Behälter geſchehen. Dieſe Behälter werden durch die koſtenfreie Arbeit von äoliſchen und hydrauliſchen Rädern geſpeiſt, oder auch, wo es nöthig iſt, durch Dampfmaſchinen. Einige Sekunden werden zur Füllung der Wagen bei jeder Station hinreichen.

In der Vorausſetzung eines organiſirten Dienſtes wird jeder Locomotiven-Waggon mit 20 — 30 Paſſagiren, allein und von 5 zu 5 Minuten abgehen können, ein Vortheil, den die jetzigen Eiſenbahnen nicht darbieten, beſonders, wenn die Dampfwagenzüge eine geringe Strecke zurückzulegen haben, weil durch die Verzögerung des Abgangs die Zeit, welche man durch die Schnelligkeit der Fahrt gewinnt, wieder verloren geht.

Die Erſparnißfrage kann nicht in Zweifel gezogen werden, wenn man zum Comprimiren der Luft, der einzigen mit Koſtenaufwand verknüpften Arbeit, die koſtenfreie Kraft des Windes und des Waſſers anwendet. Müßte man aber wirklich den Dampf zur Ausführung dieſer Arbeit zu Hülfe nehmen, ſo würde die neue Locomotionsmethode immer noch den Vorzug behalten, aus dem Grunde, weil der Luftwagen

Digitized by Google

nicht die gewichtigen Apparate und ſchweren Materialien zur Hervorbringung der bewegenden Kraft mit ſich zu führen haben. Zweitens koſtet die Kraft einer feſtſtehenden Dampfmaſchine ſechs bis ſieben Mal weniger als dieſelbe Quantität der durch eine Dampf-Locomotive erzeugten Kraft. — Uebrigens wird die Anwendung der Dampfmaſchinen zur Anhäufung der Luft in den Behältern nur einſtweilig ſein; man wird zu den Kräften der Natur greifen, welche niemals verſiegen, dahingegen die Steinkohle, die ſichere Baſis der Induſtrie, durch die Erſchöpfung der Gruben ausgehen wird, und dieſe Erſchöpfung muß nothwendig ſtattfinden. Das Reſultat der Experimente, welche angeſtellt worden ſind, hat den Erwartungen in allgemeiner Hinſicht ziemlich entſprochen.

Wir beſchließen hiermit dieſe Abhandlung, deren weitere Ausführung nicht minder wie die Anwendung der durch Wärme expandirten Luft als Triebkraft ein beſonderes Werkchen ausfüllen würde und nehmen von dem Leſer mit dem Wunſche Abſchied, daß er in dieſer Schrift manchen Anhaltspunkt gefunden haben möge, der ihm zu eigenen Verſuchen und neuen Nutzanwendungen die erforderliche Anleitung giebt.

Digitized by Google

Inhalt.

Erſter Abſchnitt.

1. Von den Eigenſchaften der Luft, dem Drucke derſelben und den darauf begründeten Erſcheinungen. . . . . . Seite 5
2. Von den Mitteln, den Druck der Luft zu vermindern oder zu vermehren. 15
   a. Erzeugung luftleeren Raumes mittelſt der Luftpumpe. . 16
   b. Dieſelbe mittelſt anderer mechaniſcher Vorrichtungen. . 18
   c. Deßgleichen durch Abfluß von Queckſilber. 19
   d. " " " Waſſerdampf. 21
   e. " " " Abſorption ihres Sauerſtoffs. . . . 24
3. Von den Mitteln, den Luftdruck zu vermehren. 25
4. Gewöhnliche Erſcheinungen als Folge vermehrten oder verminderten Luftdrucks. 27

Zweiter Abſchnitt.

Von der Benutzung des luftleeren Raumes zu induſtriellen Zwecken. 30
1. Der Heber. —
2. Der Vexirbecher und Canalheber. 32
3. Von den Spritzen. 34
4. Die Saugpumpen. . . . . —
5. Savery's Dampfmaſchine und Watt's Prägwerk. . . 36
6. Die atmoſphäriſche Eiſenbahn. 38
7. Papin's Maſchine, um die Kraft eines Waſſerrades auf eine große Entfernung fortzuleiten. 39
8. Luftballons. 48
9. Conſervation im luftleeren Raume. 49
10. Benutzung des Luftdrucks und der Luftverdünnung bei Krankheiten. 51
11. Filtriren unter Anwendung des luftverdünnten Raumes. . 52
12. Rommershauſen's Luft- oder Extractionspreſſe. . . 56
13. Anwendung des luftverdünnten Raumes in Druckereien und Papierfabriken. 58
14. Zum vollſtändigen Auswaſchen gebleichter Zeuge. 59
15. Die Fabrikation des Bandanos. . . . . —
16. Anwendung des Luftdrucks in Zuckerraffinerien. 60
17. Das Färben im luftverdünnten Raume. . . . . —
18. Vortheile der Luftverdünnung bei Imprägnationen. . . . 62
19. Beſchleunigung des Gerbeproceſſes durch Luftverdünnung. . —
20. Der Centrifugal-Ventilator. 63

Digitized by Google

21. Der Exhauſtor. . . . . Seite 63
22. Anwendung des Centrifugal=Ventilators beim Zubereiten der Baumwolle und als continuirliche Blaſemaſchine. . . —
23. Deſſelben Nutzen in Nähnadelfabriken. 64
24. Ueber die Centrifugal=Trockenmaſchine u. das Trocknen überhaupt. . . . . —
25. Ventilatoren. 66
26. Von den Gebläſen. 68
27. Eisbildung im luftleeren Raume. 70
28. Abdampfung ohne Feuer. 71
29. Das Abdampfen im luftverdünnten Raume. 72
30. Apparat zum Abdampfen im luftleeren Raume. 73
31. Die Vacuumpfanne der Zuckerſiedereien. 75
32. Roth's Zuckerſiede=Apparat zur Luftleereerzeugung mittelſt Dampf. 78
33. Pelletan's Apparat mit Luftleereerzeugung durch Dampf. 81
34. Concentration der Schwefelſäure in luftleeren Pfannen. . 83
35. Darſtellung des Leims in luftleeren Pfannen. . . . . —
36. Die Deſtillation im luftleeren Raume. 84
37. Künſtlicher Blutegel. 93
38. Anwendung der verdünnten Luft und des Luftdruckes zum Treiben von Maſchinen. 93

Dritter Abſchnitt.

Von der Benutzung der comprimirten Luft in den Gewerben. 104
1. Die Windbüchſe. . . . . —
2. Der Heronsball, Heronsbrunnen und Höll's Luftmaſchine. 106
3. Die Feuerſpritzen. 110
4. Pneumatiſches Feuerzeug. . . . . —
5. Heizung ohne Feuer. 111
6. Erzeugung außerordentlich hoher Kältegrade und Gefrieren des Weingeiſtes durch ſchnelle Ausdehnung comprimirter Luft. 112
7. Comprimirte Luft zur Beförderung von Imprägnationen. 113
a. Bei der Holzconſervation. . . . . —
b. = = Stärkefabrikation. . . . . —
c. Andere Imprägnationen mit Luftdruck. 114
8. Anwendung der comprimirten Luft als Triebkraft für Maſchinen. 116

Digitized by Google

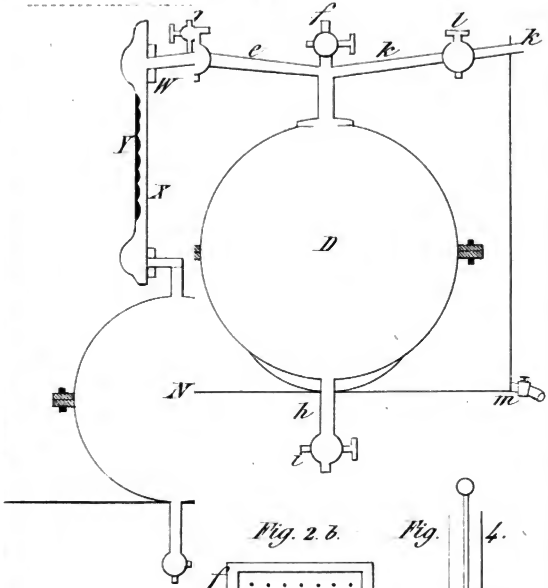


Fig. 2. b.

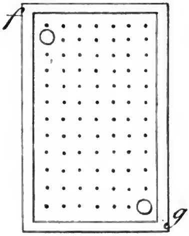


Fig. 4.

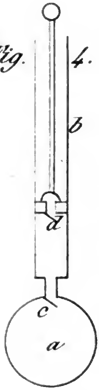
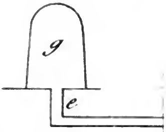
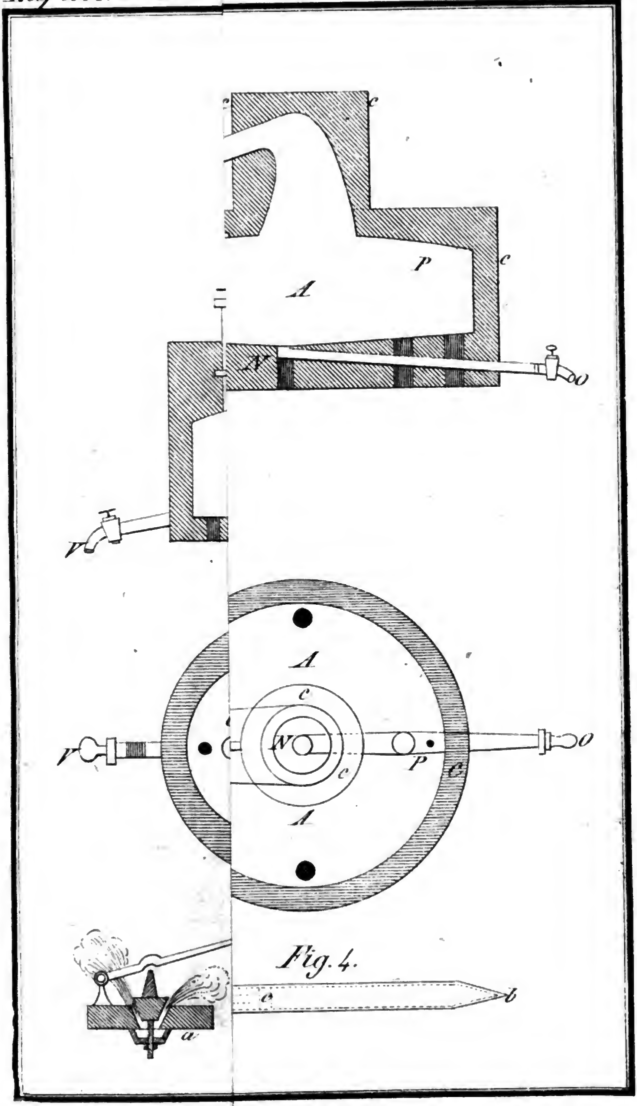


Fig. 2.



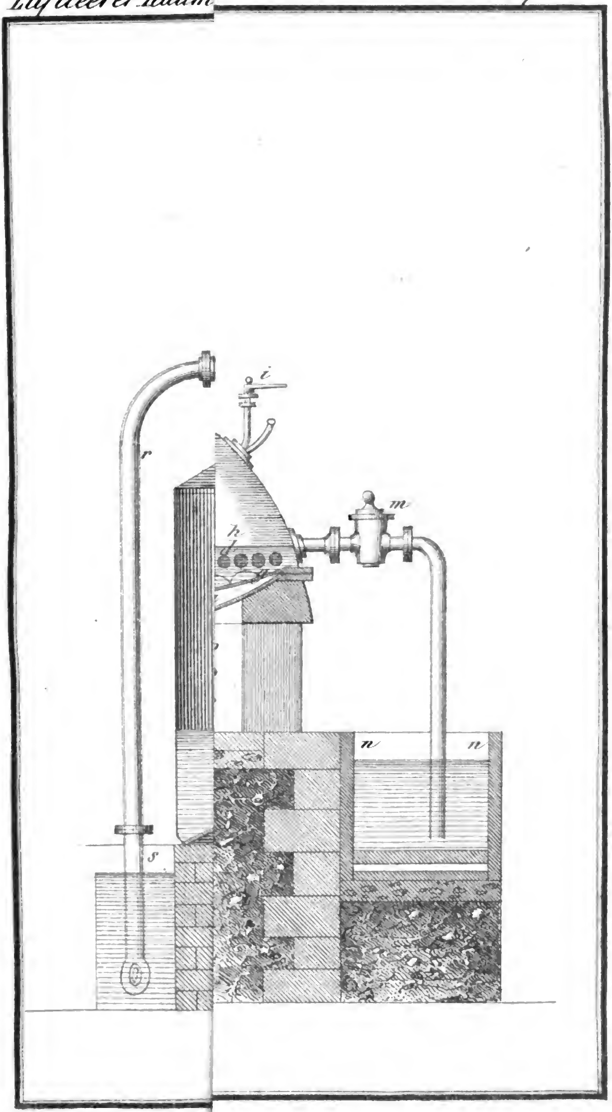
Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

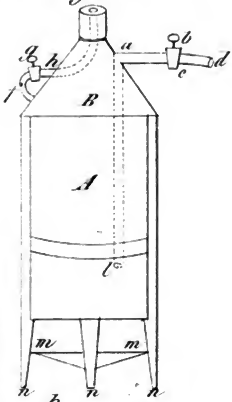
Digitized by Google

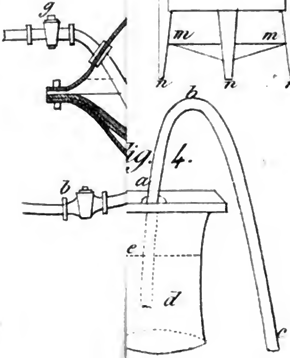


Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 3.





ig. 4.

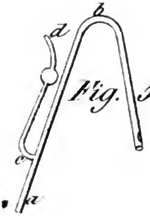


Fig. 5.

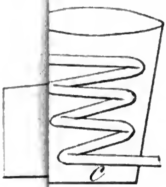
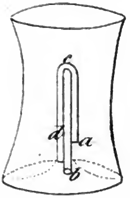
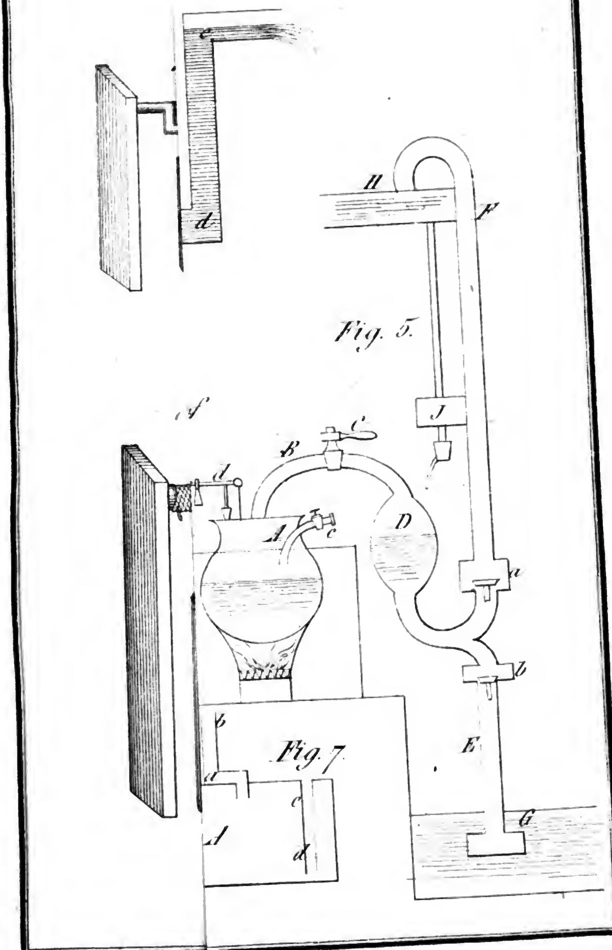


Fig. 6.

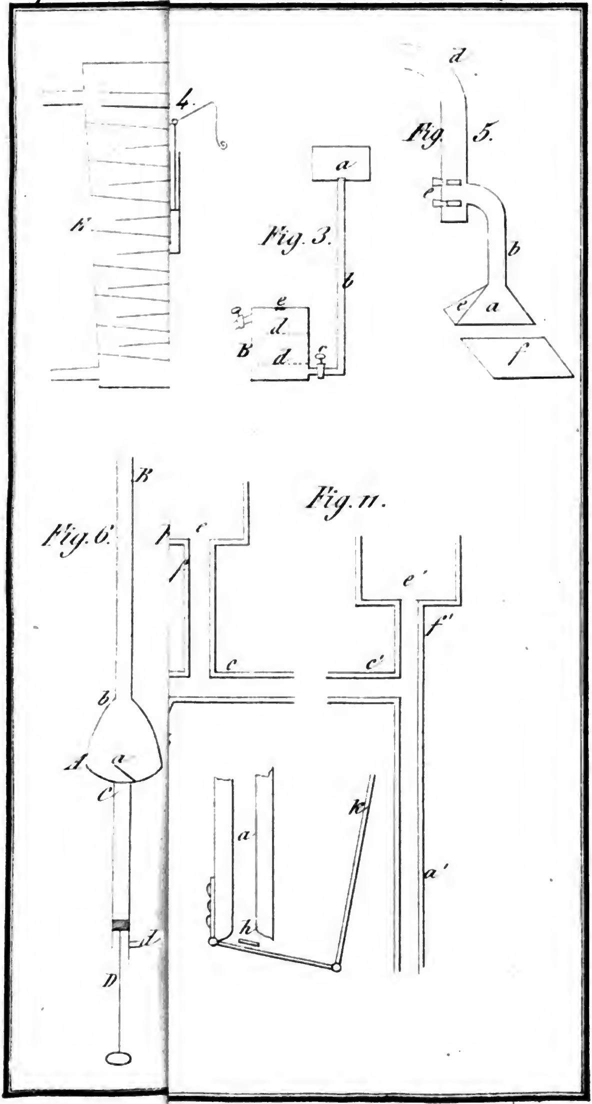


Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google